

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur

et de la recherche scientifique

Université Chadli Bendjedid

El Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشاذلي بن جديد

الطارف

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche en

« Toxicologie Fondamentale et Appliquée »

THÈME

Étude de l'exposition aux pesticides agricoles dans la région d'El Tarf et
évaluation de leurs effets potentiels sur la santé humaine : approche
toxicologique et environnementale .

Soutenu le : 15-06- 2026

Présenté Par :

- BENSALDI Sana
- MELOUAH Aya

Devant le jury composé de :

Pr. ARKOUBFATMA
Zouhra

MCA

Présidente

Université Chadli Bendjedid El-Tarf

Dr. SERRAGE Nassima

MCA

Examinatrice

Université Chadli Bendjedid El-Tarf

Dr. GHEID Samira

MCB

Promotrice

Université Chadli Bendjedid El-Tarf

Année universitaire 2025-2026

Remerciement

Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute la gratitude que je ressens aujourd'hui. Ce travail est l'aboutissement d'un parcours jalonné de doutes, d'efforts, mais surtout de belles rencontres et de soutiens inestimables.

Avant tout, nous tenons à remercier <<**Allah**>> le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience, et je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

Je tiens à remercier **Dr. GHEID Samira** de m'avoir dirigé tout au long de ce travail et d'avoir bénéficié de son expérience, sa gentillesse et ses orientations éclairées. Sa présence et ses conseils ont été d'un grand apport pour établir ce mémoire.

J'exprime notre gratitude à tous les membres du jury:

Mme la Présidente **Dr. ARKOUB Fatma Zohra** et Mme l'Examinatrice **Dr. SERRAGE Nassima** qui ont bien accepté d'évaluer notre travail.

Je tiens à exprimer mes remerciements spéciaux pour le directeur de la DSA, ils m'ont offert des données de recherche pour faire ce travail.

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.



Dédicacée

Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant de nous fournir de la patience au moment de besoin, de la force au moment de la faiblesse et de la volonté contre le désespoir, et de nous avoir permis d'en arriver là.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à **Mme GHEID Samira**, maître de conférences à l'Université Chadli Bendjedid d'El Tarf, pour avoir accepté d'encadrer ce travail et pour ses précieux conseils tout au long de sa réalisation.

À ma très chère mère Samrayahia

Celle qui a été pour moi une mère, une sœur affectueuse et une amie fidèle. Je la trouve toujours à mes côtés, elle est la sérénité de mon cœur, mon réconfort et ma joie de vivre. Sa présence est ma source d'inspiration et ma force pour affronter les obstacles.

À mon très cher père AhemdBensaidi

Tu as toujours été mon soutien et ma sécurité dans la vie, ma force, mon courage et ma confiance. Tu as toujours veillé à mon bien-être et à la poursuite de mes études sans obstacles. Tu as été constamment à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail soit le témoignage de ma gratitude et de mon affection.

À mes chers frères Bicha, Abd El Raouf et Dida

Merci pour votre amour, votre soutien et votre présence à mes côtés. Vous avez toujours été une source de force et de motivation pour moi. Je vous dédie ce travail avec toute mon affection et ma gratitude.

À mes chères amies

Sihem , Rania, Ibtissem ,Malak , Nour , Aya , wafa , Hiba Allah , Hind.

Merci pour votre amitié sincère, votre soutien et tous les beaux moments partagés.

À mes petites princesses

Miral, sibaMinatAllah, Talin,Rital, Talin

À ma grande famille

À toute ma famille paternelle et maternelle. À tous ceux qui ont partagé mes joies et mes difficultés, merci pour votre soutien et votre affection. Je vous dédie ce modeste travail avec tout mon respect et ma reconnaissance.

À ma partenaire de mémoire et ma meilleure amie Aya

Merci pour ton soutien, ta collaboration et ta présence à mes côtés tout au long de ce travail. Tu as été une véritable source d'aide, de motivation et d'amitié.

A mes promotionnaires, à tous mes collègues de la promotion
2024/2026, sans exception: merci pour tous

Sana BENSADI



Dédicacée



Après un long chemin semé d'efforts, de sacrifices et de persévérance, me voilà enfin arrivée à l'aboutissement d'un rêve: la réussite de mon parcours universitaire Je remercie en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de cette thèse.

À mes parents, mes piliers À ceux qui se sont courbés pour que je puisse me tenir debout... Aujourd'hui, vêtue de cette robe noire, j'y vois le reflet des nuits blanches que vous avez traversées pour moi.

À mon père, Melouah Mosbah : Toi dont les mains se sont gercées pour que les miennes puissent tenir un stylo. Je te dédie ce succès et j'embrasse tes pieds qui ont parcouru la terre pour m'offrir le savoir. Ce diplôme est le fruit de ton long combat.

À ma mère, Doghman Nacima: Le battement de mon cœur. Toi qui partageais ma fatigue, veillais à mes côtés et me portais par tes prières. Ce diplôme n'est qu'un baiser déposé sur ton front pour te remercier de t'être privée de repos afin de me voir réussir.

À mes sœurs: À Amani et Feriel: Mes rires, mes repères et mes abris. Chacune de vous m'a apporté une force unique : la tendresse, la complicité et la sagesse. Merci d'être ma maison.

Un grand merci à ma grande famille : ma grand-mère bien-aimée Djamila, mes oncles: nabil, amir, mourad, nadir et mes tantes amelnaima, et tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin. »

À mes amies : À Hidaya et Malak: Merci pour votre soutien infaillible. Vous avez été comme des sœurs pour moi. Que Dieu vous préserve et vous récompense.

A tous les enseignants et les enseignantes qu'ont contribués à ma formation.

Ainsi à tous mes amis de la promotion TFA

À Sana, ma chère binôme de thèse : Je remercie Dieu de t'avoir mise sur mon chemin. Tu as été le meilleur des des soutiens. Ce travail est le fruit de notre effort conjoint et d'un respect mutuel. Ce fut un immense honneur de travailler à tes côtés.

Aya MELOUAH



الملخص

يُعد الاستخدام المكثف للمبيدات الزراعية من أبرز التحديات البيئية والصحية المرتبطة بالأنشطة الفلاحية الحديثة، نظرًا لما قد تسببه هذه المواد من آثار سلبية على الإنسان والأنظمة البيئية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم واقع استعمال المبيدات الزراعية بولاية الطارف مع التركيز على تحديد الأنواع الأكثر تداولًا ودراسة مخاطرها المحتملة على الصحة العامة والبيئة. بدايةً اعتمدت الدراسة على إجراء استبيانات ميدانية شملت فلاحين ونقاط بيع المبيدات في بلديات بن مهيدي عين العسل، بوتلجة الطارف رمل السوق و بوحجار بهدف جمع معلومات حول أنواع المبيدات المستعملة ومستوى إدراك الفلاحين للمخاطر المرتبطة بها. كما تم تدعيم الدراسة بمعطيات صادرة عن المحطة الجهوية لحماية النباتات حول أكثر المواد الفعالة استخدامًا في المنطقة.

وقد بينت النتائج أن المبيدات الفطرية هي الأكثر استخدامًا تليها المبيدات الحشرية وأخيرًا مبيدات الأعشاب. كل من المبيدات الفطرية والعشبية وأيضًا الحشرية لهما تأثيرات جانبية على العديد من الكائنات الحية، وتختلف هذه التأثيرات بشكل كبير عند الأسماك. لوحظ أن السمية الحادة تكون غالبًا منخفضة عند استخدام المبيدات العشبية، في حين أن المبيدات والحشرية الفطرية تظهر سمية حادة مرتفعة. تحدث المبيدات آثارًا متعددة على الجهاز العصبي، وتسبب اضطرابات في النظام الغددي واضطرابات هرمونية، والتهابات جلدية وآثارًا على الكبد. وخلال شهري مارس وأفريل 2026، قمنا أيضًا بجمع معلومات من المحطة الجهوية لحماية النباتات حول أكثر أنواع المبيدات استخدامًا. وقد شكلت هذه الخطوة مرحلة مهمة لفهم مدى استعمال هذه المواد الكيميائية وتأثيرها على الفلاحين والبيئة المحيطة. تُصنف بعض المبيدات ضمن المواد الخطرة من بين مبيدات الأعشاب التي تم تسجيلها : أوكسي فلورفين، ميتغيبيزين حمض 2،4 - أما بالنسبة للمبيدات الفطرية، فقد أوكسي ستروبين، النحاس وفوسيتيلا لألومنيوم. أما المبيدات الحشرية: دلتاميثين، إمداكلوبغيد، سبيرمثرين.

وأخيرًا تطرقنا إلى التراكم الحيوي للمبيدات في الكائنات حيث تصنف كل من المبيدات الفطرية والعشبية في الطارف على أنها تتراكم بكميات كبيرة على عكس المبيدات الحشرية التي تتحلل سريعًا داخل الكائنات .

الكلمات المفتاحية: مبيدات زراعية، ولاية الطارف، مبيدات فطرية، مبيدات عشبية، مبيدات حشرية، السمية، التراكم الحيوي.

Summary

The intensive use of agricultural pesticides represents one of the most prominent environmental and health challenges associated with modern agricultural activities, given the negative impacts these substances can have on humans and ecosystems. This study aims to assess the current status of pesticide use in the Wilaya of El Tarf, focusing on identifying the most commonly traded types and investigating their potential risks to public health and the environment. Initially, the study relied on field surveys, including questionnaires distributed to farmers and pesticide points of sale in the municipalities of Ben M'hidi, Aïn El Assel, Bouteldja, El Tarf, Raml Souk, and Bouhadjar. The objective was to collect data regarding the types of pesticides used and the farmers' level of awareness of the associated risks. The study was further supported by data from the Regional Plant Protection Station concerning the most frequently used active ingredients in the region.

The results revealed that fungicides are the most widely used, followed by insecticides, and finally herbicides. Fungicides, herbicides, and insecticides all exhibit side effects on numerous living organisms, and these effects vary significantly in fish. It was noted that acute toxicity is often low with herbicide use, whereas insecticides and fungicides display high acute toxicity. Furthermore, pesticides induce multiple effects on the nervous system, causing endocrine and hormonal disruptions, skin irritations, and hepatic (liver) effects. During March and April 2026, we also collected information from the Regional Plant Protection Station regarding the most heavily utilized types of pesticides. This step constituted an important phase in understanding the extent of these chemicals' use and their impact on farmers and the surrounding environment. Certain pesticides are classified as hazardous substances. Among the registered herbicides were: oxyfluorfen, metribuzin, and 2,4-D acid. As for fungicides, they included: azoxystrobin, copper, and fosetyl-aluminum. The recorded insecticides were: deltamethrin, imidacloprid, and cypermethrin.

Finally, we addressed the bioaccumulation of pesticides in living organisms. In El Tarf, both fungicides and herbicides are classified as substances that bioaccumulate in large quantities, unlike insecticides, which degrade rapidly within organisms.

Keywords: Pesticides, El Tarf province, fungicide, herbicide, insecticides, toxicity, bioaccumulation.

Résumé

L'utilisation intensive des pesticides agricoles représente l'un des défis environnementaux et sanitaires majeurs liés aux activités agricoles modernes, en raison des effets négatifs que ces substances peuvent engendrer sur l'Homme et les écosystèmes. Cette étude vise à évaluer la réalité de l'utilisation des pesticides dans la wilaya d'El Tarf, en mettant l'accent sur l'identification des types les plus couramment commercialisés et sur l'étude de leurs risques potentiels pour la santé publique et l'environnement. Dans un premier temps, l'étude s'est appuyée sur la réalisation d'enquêtes de terrain comprenant des questionnaires auprès des agriculteurs et des points de vente de pesticides dans les communes de Ben M'hidi, Aïn El Assel, Bouteldja, El Tarf, Raml Souk et Bouhadjar. L'objectif était de collecter des informations sur les types de pesticides utilisés et le niveau de perception des agriculteurs face aux risques qui y sont liés. Cette étude a également été consolidée par des données fournies par la Station Régionale de Protection des Végétaux (SRPV) concernant les matières actives les plus utilisées dans la région.

Les résultats ont révélé que les fongicides sont les plus utilisés, suivis par les insecticides, et enfin les herbicides. Les fongicides, les herbicides ainsi que les insecticides ont tous des effets secondaires sur de nombreux organismes vivants, et ces effets varient considérablement chez les poissons. Il a été observé que la toxicité aiguë est souvent faible lors de l'utilisation des herbicides, tandis que les insecticides et les fongicides affichent une toxicité aiguë élevée. De plus, les pesticides provoquent des effets multiples sur le système nerveux, entraînant des perturbations endocriniennes et hormonales, des irritations cutanées ainsi que des affections hépatiques. Au cours des mois de mars et avril 2026, nous avons également collecté des informations auprès de la Station Régionale de Protection des Végétaux concernant les types de pesticides les plus appliqués. Cette étape a constitué une phase importante pour comprendre l'ampleur de l'utilisation de ces produits chimiques et leur impact sur les agriculteurs et l'environnement environnant. Certains pesticides sont classés comme : substances dangereuses. Parmi les herbicides enregistrés, on trouve : l'oxyfluorène, la métribuzine et l'acide 2,4-D. Quant aux fongicides, ont été recensés : l'azoxystrobine, le cuivre et le fosétyl-aluminium. Pour ce qui est des insecticides: la deltaméthrine, l'imidaclopride et la cyperméthrine.

Enfin, nous avons abordé la bioaccumulation des pesticides dans les organismes. À El Tarf, les fongicides et les herbicides sont classés comme des substances qui se bioaccumulent en grandes quantités, contrairement aux insecticides qui se dégradent rapidement à l'intérieur des organismes.

Mots clés: Pesticides, wilaya d'El Tarf, Fongicide, herbicide, insecticides, toxicité, bioaccumulation.

Liste des abréviations

- CO : monoxyde.
- CO₂: dioxyde .
- CS₂: disulfure .
- COCl₂: phosgène .
- USD: United State Dollars
- 2,4-D : 2,4-dichlorophénoxyacétique
- ARN : Acide ribonucléique
- µg : microgramme.
- µm : micromètre.
- pH : Potentiel Hydrogène.
- DT₅₀ : Temps de Demi-vie
- K_d : Coefficient de distribution du pesticide.
- K_{OC} : Coefficient de Partage Carbone Organique/Eau
- GUS (Groundwater Ubiquity Score)
- PP: Produit phytosanitaire
- H₂NCONH₂ : groupement urée.
- CO : groupement carbonyle.
- SO₂ : groupement sulfonyle
- H₃AsO₃: dérivés des acides arsoniques

Liste Des Tableaux

Tableau 1: Produits Chimiques Agricoles Y Compris Les Pesticides (Polychlorobiphenyles) Et Leur Activité (Bolandetal., 2004).

Tableau 2 : Classification Et Mode D'action Des Fongicides .

Tableau3: Classification Des Pesticides Selon La Cible Visée (Inserm, 2013).

Tableau 4: Le Nombre De Cas D'intoxication Par Les Pesticides En Algérie (Ayad-Mokhtari, 2012).

Liste des figures

Figure1: La structure gènèrale des carbamate (Chi Anh, 1997).

Figure 2: La Structure Gènèrale Des Urées (Guide De Classement, 2023).

Figure 3:La Structure GeneraleDesorganophosphores (Hiloufa, 2020).

Figure 4 : La Structure Gènèrale Des Pyrèthrinoôdes (Faizi&Hiloufa, 2020).

Figure 5 : Principaux Marchés Phytopharmaceutiques Du Monde En 2006. [UIPP, 2007].

Figure 6: Cibles des insecticides neurotoxiques (siegart ,2019).

Figure 7 : Les Voies De Contaminations et le devenir De Pesticides Dans L'environnement (Debbache Et Foughali ,2017).

Figure 8 : Devenir Des Pesticides Dans L'environnement (Berrah ,2021).

Figure 9 : Mécanismes De Transferts Et De Transformations Des Pesticides Dans Les Milieux De L'environnement (Cpp,2020).

Figure 10 :Compartiment Des Pesticides Dans Le Sol (Batsch,2011).

Figure 11: Les Voies D'exposition Des Pollinisateurs Aux Pesticides (Jean, 2013).

Figure 12:Bioaccumulation Des DDT En Ecosystème Aquatique. (Brooks/Cole, Thomson Learning, 2002).

Figure13. Type d'agriculteur de la région d'El Tarf

Figure 14. Type d'agriculture répandu dans la wilaya d'El Tarf

Figure 15. Temps de traitement des cultures avec les différent pesticides

Figure 16 : Différent Types des pesticides utiliser dans la région d'El Tarf

Figure 17 : Mode de pénétration des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Figure 18 : Types d'activité des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Figure 19 :Les pesticides les plus utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Figure 20 :Les effets secondaires des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf sur d'autres organismes non visés.

Figure 21 : Toxicité aigüe par les pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Figure 22 : Toxicité chronique par les pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Figure 23 : Répartition des pesticides utilisés à El Tarf selon leur capacité de bioaccumulation dans les organismes et les compartiments environnementaux.

Figure 24. Répartition des niveaux de bioaccumulation des herbicides, fongicides et insecticides dans la wilaya d'El Tarf.

Sommaire

Introduction.....	2
Les pesticides.....	4
1. Définition:.....	4
1.1 Produits phytosanitaires, ou phytopharmaceutiques.....	4
1.2 Produits biocides	4
2. Classification:.....	5
2.1 Premier système de classification Les pesticides:	5
2.2 Deuxième système de classification:.....	7
2.3 Troisième système de classification:	11
3. Utilisation:	12
3.1 Les pesticides en Algérie:	12
3.2 Les pesticides en mondial :.....	13
4. Composition et formulation:.....	14
4.1 Composition:	14
4.2 Formulation	15
5. Modes d'action.....	16
5.1 Les fongicides:	16
5.2 Les herbicides:	17
5.3 Les insecticides	18
6. Doses admissibles et normes:	20
7. Le devenir des pesticides dans l'environnement :	20
7.1 Le transfert des pesticides vers les eaux superficielles et souterraines:	22
7.2 Transfert des pesticides:	23
8. Facteurs influençant le transfert des pesticides vers les eaux souterraines:.....	24
8.1 Les propriétés physico-chimiques des pesticides:	24
8.2 Propriétés des sols:	24
8.3 Facteurs climatiques:.....	25
8.4 Temps de contact sol-pesticide:.....	25
9. La dispersion des pesticides :	25
9.1 La contamination des milieux aquatiques:.....	26
9.2 La contamination atmosphérique:	26

9.3	La contamination de sol:	27
10.	Effet des pesticides.....	29
10.1	Effet des pesticides sur la flore:	29
10.2	Effets sur les vers de terre:.....	29
10.3	Effets sur les abeilles :	30
10.4	Effets sur les poissons:	31
10.5	Effets sur la santé humaine:	31
11.	La bioaccumulation	38
Matériel et Méthode:.....		41
Présentation de la zone d'étude:		41
1.1.	Situation géographique:	41
1.2.	Hydrographique:.....	41
1.3.	Les caractéristiques climatiques:.....	41
Résultats		44
Discussion		55
Conclusion		63
Référence bibliographique		65

Introduction

INTRODUCTION

Introduction

Depuis les années 1950, le développement de l'agriculture et la volonté d'augmenter les rendements ont conduit à une utilisation croissante des pesticides. La lutte chimique qui, jusqu'alors, était limitée à l'emploi de deux ou trois fongicides et insecticides utilisés contre les ravageurs des plantes, utilise aujourd'hui des milliers de matières actives de produits pesticides. Ces substances phytosanitaires sont commercialisées un peu partout dans le monde. Environ 25% actuellement consommés dans le monde, le sont dans des pays en développement. La consommation de pesticides progresse parallèlement au développement, on passe progressivement à des quantités plus importantes de produits plus variés (insecticides, fongicides et herbicides) pour toute une série de cultures. (Aimeur, 2017). Les pesticides, encore appelés produits phytosanitaires, sont des substances chimiques qui contribuent de façon nécessaire et souvent indispensable à la sauvegarde, à la régularité et à la qualité de la production agricole (Baldi et al., 2013).

Un produit phytosanitaire est une préparation contenant une ou plusieurs substances actives, et destinées à protéger les végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, à exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, à assurer la conservation des produits végétaux, ou à détruire les végétaux indésirables ou détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux (Catherine-Regnault, 2005).

Aujourd'hui, l'utilisation des produits phytopharmaceutiques a fait couler beaucoup d'encre de scientifiques et de non scientifiques. Cependant, il est nécessaire de rappeler que leur utilisation se situe dans le cadre d'une activité économique (Sebti, 2023). Plus de 1000 pesticides sont utilisés à travers le monde. La dangerosité des pesticides dépend de la nature de leur matière active; la manière dont ils sont utilisés; le niveau et la voie de d'exposition et de contamination pour les êtres humains et peuvent avoir des effets chroniques et aigus sur la santé. Certains des pesticides les plus anciens et les moins coûteux peuvent persister dans les sols et dans l'eau pendant des années (OMS, 2022).

L'impact des pesticides sur l'environnement est une préoccupation majeure en raison de leur large répartition et de leurs effets néfastes sur les espèces non ciblées. Ces substances peuvent causer des effets à long terme sur la santé, tels que des cancers ou des problèmes de

INTRODUCTION

procréation, notamment lors d'expositions à des quantités élevées. Ainsi, il est indispensable d'informer les utilisateurs de pesticides des bonnes pratiques et des risques associés afin de réduire les accidents et les erreurs.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de réaliser une évaluation de l'impact des pesticides utilisés dans la wilaya d' El tarf. D'abord par une collecte de données auprès de la Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya, afin de connaître la liste des pesticides utilisés ensuite, en effectuant une investigation bibliographique sur la toxicité humaine, l'impact sur la biodiversité (ciblage et bioaccumulation), la persistance, la dispersion et la durée de vie ainsi que le statut juridique de ces pesticides.

La deuxième étape est dédiée à la collecte des données auprès de la direction des services agricoles (DSA) et de la station régionale de protection des végétaux. Nous avons sollicité cette institution afin de recueillir des informations exhaustives concernant les diverses catégories de produits phytosanitaires (insecticides, fongicides, herbicides) employés à l'échelle locale. Cette démarche a ainsi permis d'établir un inventaire précis des matières actives homologuées et appliquées par les exploitants de la région.

Conjointement à ce travail de terrain, une recherche documentaire approfondie a été menée dans le but de documenter la toxicité humaine des substances identifiées. Ce volet a nécessité l'analyse rigoureuse d'études scientifiques, de rapports émanant d'organismes de santé publique, ainsi que de publications traitant des effets délétères potentiels de ces intrants sur la santé humaine.

LES PESTICIDES

Les pesticides

1. Définition:

Un pesticide est défini comme « une substance ou une association de substances destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, ou toutes autres espèces végétales ou animales nocives ou gênantes au cours de la production, la transformation ou l'entreposage des produits agricoles » (FAO, 2003). Considérés comme "tueurs de fléaux" par certains étymologistes, ce sont des molécules dont les propriétés toxiques permettent de lutter contre des organismes nuisibles à l'homme et/ou à son environnement (Aprifel, 2004).

1.1 Produits phytosanitaires, ou phytopharmaceutiques

Les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à :

- ☐ Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles.
- ☐ Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux (par exemple, les régulateurs de croissance).
- ☐ Assurer la conservation des produits végétaux.

Détruire les végétaux ou les parties de végétaux indésirables (Directive 91/414/CEE). (Boumaza, 2017).

1.2 Produits biocides

Au sens de la directive 98/8/CE du Parlement européen, les produits biocides sont les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives, qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique. Les produits biocides incluent les pesticides qui ne sont pas destinés à la protection des cultures: insecticides ménagers, produits de protection du bois, produits antiparasitaires (anti-acariens, antipuces)...etc(Boumaza,2017).

2. Classification:

Les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une telle variété de structure chimique, de groupes fonctionnels et d'activité que leur classification est complexe. D'une manière générale, les pesticides sont classés en fonction de leurs cibles, mais aussi en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose (Calvet et al., 2005).

2.1 Premier système de classification Les pesticides:

Plusieurs types de pesticides sont classés en fonction de leur cible, c'est-à-dire des organismes vivants qu'ils visent. On distingue essentiellement trois principales catégories de produits phytosanitaires en fonction de leurs cibles : les herbicides, les fongicides et les insecticides (Maysaloun, 2008).

2.1.1. Les herbicides:

Ils éliminent les adventices des cultures. Ces mauvaises herbes peuvent atténuer les rendements par compétition d'utilisation des ressources (eau, éléments nutritifs, lumière, espace) ou par excrétion de phytotoxines (chiendent rampant, camaline). Mêlées aux récoltes, elles peuvent également être toxiques pour le bétail (renoncules, colchiques et ciguë dans les fourrages secs), donner du goût au lait (achillée, millefeuille) voire rendre l'ensilage dangereux l'amarante accumule des nitrates qui peuvent provoquer des déflagrations dans les silos de maïs(Devault, 2007).

2.1.2. Les Insecticides:

Ils sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes. Ils interviennent en les éliminant ou empêchant leur reproduction. Il existe plusieurs types selon leur mode d'action:

- ☐ Insecticides agissant sur le système nerveux (avermectines, organophosphoré, ...)
- ☐ Insecticides agissant sur la respiration cellulaire (phénoxyprazole, roténone, ...)
- ☐ Insecticides de type régulateurs de croissance (benzhydrazides, thiadiazines, ...).

Ces produits peuvent être soit systémique c'est-à-dire pénétré ou se déplace dans la plante par les vaisseaux, ou soit des produits de contact une fois sont appliqués sur la plante, ils forment

LES PESTICIDES

une barrière protectrice. Leur rôle peut être préventive lorsqu'ils sont appliqués avant la pénétration du parasite dans la plante ou curative (Louchahi, 2015).

2.1.3. Les fongicides:

Ces molécules ciblent différents types de champignons pouvant directement infester les cultures à différents stades de développement, les récoltes durant les phases de stockages, ou encore les semences. Souvent apportées par des vecteurs animaux comme les Insectes eux-mêmes, les maladies cryptogamiques (mildiou de la pomme de terre et de la vigne, charbons et rouilles) sont enrayées par les carbamates (carbendazine, mancozèbe), triazoles (bromuconazole, triconazole), dérivés du benzène (chlorothalonil, quintozone), dicarboximides (folpel, iprodione) (Devault, 2007).

2.1.4. Les autres classes:

- **Les Acaricides** (contre les acariens), principalement des sulfones, des sulfonates ou des sulfures reliant deux cycles benzéniques chlorés. Ils sont notamment utilisés pour traiter le bétail ou lutter contre les cochenilles. Les acaricides sont très proches des insecticides du fait de la proximité phylogénétique des Chélicérates et des Insectes. Ils sont, de ce fait, parfois confondus dans la littérature.
- **Les Corvicides** et corvifuges, contre les Oiseaux en règle générale. L'endosulfan est un corvifuge.
- **Les Molluscicides** pour lutter contre les limaces sur les cultures maraîchères. Les plus utilisés sont le Bensultap, le mercaptodiméthur, le métaldehyde et le thiocarbe.
- **Les Nématocides** des organophosphorés, des thyocarbamates, des thyocyanates et le tétrathiocarbonate. L'aldicarbe est un nématocide.
- **Les Rodonticides**, dirigés contre les rongeurs. Cette classe est parfois utilisée pour décrire tout pesticide dirigé contre un vertébré (incluant donc corvicides et taupicides).
- **Les Taupicides**, dont les plus courants sont le phosphore d'aluminium (minéral) et l'alphachloralose (organique de synthèse). (Devault, 2007).

LES PESTICIDES

2.2 Deuxième système de classification:

Selon la nature chimique des produits phytosanitaires, on distingue 3 catégories:

2.2.1. Les pesticides inorganiques:

Ils sont peu nombreux mais certaines sont utilisés en très grandes quantités comme le Soufre et le Cuivre. Ce sont aussi des pesticides très anciens dont l'emploi est apparu bien avant les débuts de la chimie organique de synthèse. Il n'existe plus d'insecticides inorganiques et un seul herbicide est encore employé aujourd'hui comme désherbants total, le chlorate de sodium (Calvet R, 2005). La plupart des pesticides inorganiques sont des fongicides à base de soufre et de cuivre sous diverse formes dont une des plus utilisés est la bouillie bordelaise employée pour traiter la vigne, les arbres fruitées, la pomme de terre et de nombreuses cultures maraîchères (Khiri & Alem, 2020).

2.2.2. Les pesticides organométalliques :

Ce sont des fongicides dont la molécule est constituée par un complexe d'un métal tel que le zinc et le manganèse et d'un anion organique dithiocarbamate. Des exemples de ces pesticides sont le mancozèbe (avec le zinc) et le manèbe (avec le manganèse) (Calvet R, 2005).

2.2.3. Les pesticides organiques:

Ils sont très nombreux et appartiennent à des familles chimiques. Il existe actuellement plus de 80 familles ou classes chimiques dont les plus connues sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyrèthrinoides, les triazine et d'autres groupes (Yahia, 2016).

➤ Les organochlorés :

Ce sont des produits chimiques très toxiques qui contiennent des atomes de carbone et de chlore liés ensemble. Certains peuvent persister très longtemps dans les sols, les tissus végétaux et les graisses. Les niveaux les plus élevés d'organo-chlorés se trouvent chez les êtres humains, les oiseaux qui se nourrissent de poissons et les mammifères marins. A cause de leur ténacité, plusieurs produits chimiques organochlorés sont connus sous le nom de polluants organiques persistants (Kheddam, 2012). Cette famille comprend un grand nombre de composés chimiques contenant du chlore et quelque fois d'autres éléments. Les insecticides les plus puissants et les plus efficaces sont des organochlorés. On trouve dans

LES PESTICIDES

cette famille le DDT, le chlordane, ou en encore le pentachlorophenol . 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 neurotoxicité

➤ Les carbamates

Les carbamates présentent les mêmes caractéristiques que les organophosphorés, mais avec une toxicité moins importante. Ces composés constituent une famille de pesticides agissant sur l'enzyme acétylcholinestérase (la famille des carbamates agit également sur cette enzyme mais selon un mécanisme différent) (Anne-Antonella, 2015). Ils opèrent en bloquant irréversiblement l'acétylcholinestérase, essentielle aux transferts nerveux chez les insectes, les humains, ainsi que chez la plupart des animaux. La capacité à bloquer l'acétylcholinestérase (et donc la toxicité) peut varier de façon importante d'un composé à l'autre. Par exemple, le parathion, un des premiers organophosphorés, est beaucoup plus puissant que le malathion, un insecticide utilisé pour combattre la mouche du fruit méditerranéenne et les moustiques dans la vallée du Nil.

➤ Les urées

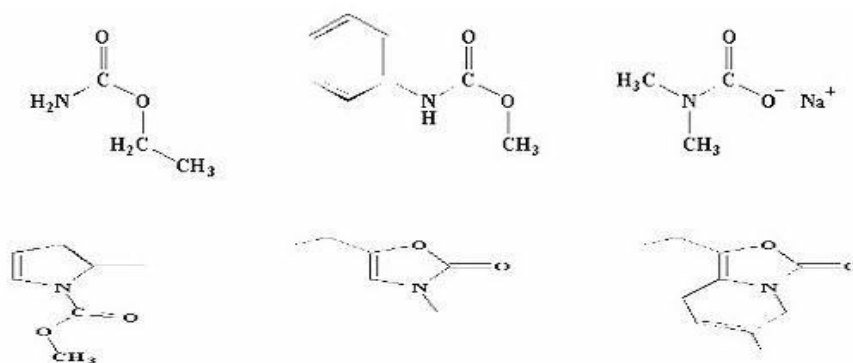


Figure 1: La Structure Générale Des Carbamate (Chi Anh, 1997) .

Les urées représentent les molécules renfermant un groupe urée ($\text{NH}_2 \text{CONH}_2$). Ce groupe peut se trouver à l'intérieur d'un cycle (Forgacz, 2011). Les atomes d'hydrogène liés aux

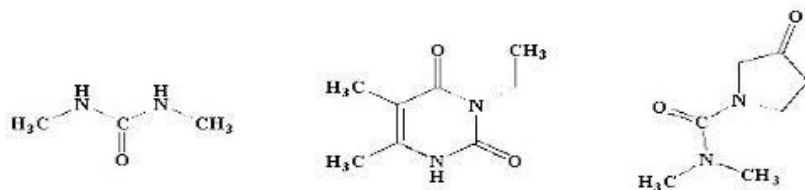


Figure 2: La Structure Gènère Des Urées (Guide De Classement, 2023).

atomes d'azote peuvent être substitués par d'autres atomes, par des chaînes ou par des cycles où constituer un cycle. Les sulfonylurées répondent également à la définition des urées. Cependant, comme la priorité de ce groupe est supérieure à celle des urées, les molécules répondant aux deux définitions seront classées dans les sulfonylurées.

➤ Les organophosphorés

Les composés organophosphorés se répartissent en différentes classes selon le degré d'oxydation du phosphore et la nature des substituants, notamment la présence d'un atome d'oxygène ou d'un autre chalcogène. Les composés organophosphorés sont rapidement dégradés par le rayonnement solaire, dans l'air, et dans les sols, bien que de petites quantités puissent subsister et se retrouver dans la nourriture et l'eau. Le fait qu'ils se dégradent facilement fait de cette famille une alternative intéressante aux pesticides organochlorés persistants. Cependant, bien que les organophosphorés se dégradent plus rapidement, ils sont plus toxiques, ce qui représente un risque pour les utilisateurs de ces composés.

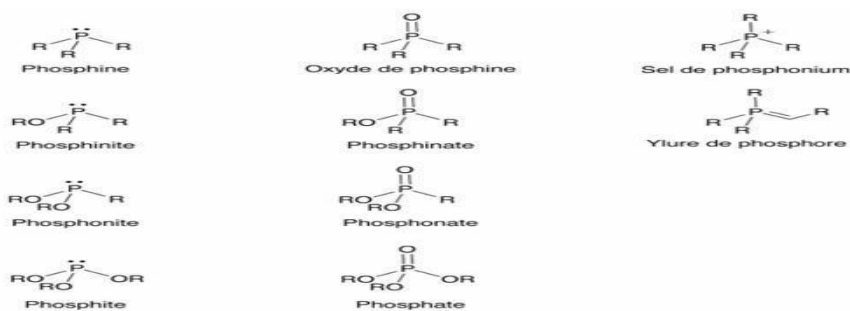


Figure 3: La Structure Generale Des organophosphores (Hiloufa, 2020).

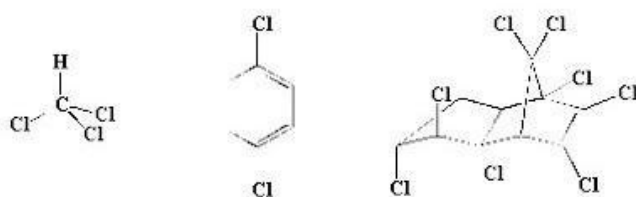
LES PESTICIDES

➤ Les pyréthrinoïdes

Les pyréthrinoïdes sont des insecticides de synthèse dérivés du pyrèthre (molécule naturelle). Le pyrèthre est instable à la lumière solaire tandis que les pyréthrinoïdes sont assez stables à la lumière solaire et sont efficaces contre un large spectre d'insectes (Tomlin, 1994). Les pyréthrinoïdes sont classés en générations (Ware, 1994) :

- La 1ère génération est apparue en 1949. Un exemple type en est l'allethrine.
- La 2ème génération est apparue vers 1967. On peut citer parmi eux la tétraméthrine et la resmethrine.
- La 3ème génération est apparue vers 1972-1973. Un exemple type est la fenvalérate qui est une molécule très active sur les insectes. Elle est également photostable
- La 4ème génération de pyréthrinoïdes apparue après les années 1975 est constituée de pesticides tels que le bifenthrin, la lambdacyhalothrine, la cyperméthrine, la cyfluthrine, la deltaméthrine, l'esfenvalérate, la fenpropathrine et la fluvalinate.

Tous ces derniers sont photostables et peu volatils. Le mode d'action des pyréthrinoïdes



ressemble à celui du DDT, mais ils sont en plus des poisons de la cellule nerveuse.

Figure 4: La Structure Générale Des Pyrèthrinoïdes (Faizi&Hiloufa, 2020).

➤ Les triazines

Cette famille couvre un grand champ d'utilisation. La plupart sont utilisés comme herbicides sélectifs. Les triazines peuvent être utilisés seuls ou combinés avec d'autres composés afin d'augmenter leur efficacité. Le caractère sélectif des triazines vient du fait que certaines plantes peuvent métaboliser ces composés tandis que d'autres ne le peuvent pas. Les triazines comptent parmi les plus anciens herbicides.

LES PESTICIDES

2.3 Troisième système de classification:

Selon le domaine de leur utilisation, les pesticides sont séparés en deux grands groupes:

A. Les pesticides à usage agricole (ou produits phytopharmaceutiques)

Sont des substances chimiques minérales ou organiques, de synthèse ou naturelles. Elles sont utilisées pour la protection des végétaux contre les maladies et contre les organismes nuisibles aux cultures (Idrissiet al., 2010). Les centaines de pesticides agricoles chimiques peuvent être classés selon le type de ravageur ou de maladie qu'ils combattent (Tab. I) (Bolandet al., 2004).

Tableau 1: Produits chimiques agricoles y compris les pesticides (Polychlorobiphenyles) et leur activité (Bolandet al., 2004).

Catégories	Activités
Algicide	Tue les algues, sur le bois par ex
Anorexigène	Prévient que les animaux se nourrissent de la culture ou du produit stocké
Appât	Attire les animaux provoquant des fléaux
Bactéricide (P)	Tue ou inhibe la croissance des bactéries
Fongicide (P)	Désinfectant pour moisissures et champignons
Fumigant (P)	Gaz ou fumée contre les ravageurs ou les moisissures dans les produits stockés
Herbicide	Tue ou inhibe la croissance des mauvaises herbes
Régulateur de croissance d'insectes	Modifie les phases de développement ou de croissance des insectes
Insecticide (par ex. aphicide) (P)	Tue ou nuit aux insectes (par ex. aux pucerons)

LES PESTICIDES

Acaricide/miticide (P)	Tue ou nuit aux acariens (ou araignées)
Molluscicide	Tue les escargots et les limaces
Nématicide (P)	Tue les nématodes
Repousseur d'indésirables	Eloigne les animaux causant des fléaux
Rodenticides	Tue les rats, les souris, les rongeurs
Stérilisant	Stérilise les insectes par voie chimique
Termiticide(P)	Tue ou nuit aux termites

B. Les pesticides à usage non agricole (ou biocides)

Sont similaires aux premiers, utilisés par exemple en hygiène publique (lutte anti-vectorielle) et dans d'autres applications comme la conservation du bois, la désinfection, ou certains usages domestiques (Idrissiet al., 2010).

3. Utilisation:

3.1 Les pesticides en Algérie:

L'Algérie est classée parmi les pays utilisant les plus grandes quantités de pesticides, 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs. (Bouziani, 2007). L'Algérie utilise entre 6.000 à 10.000 T/ans de pesticides; ce qui correspond à un taux d'utilisation de 15% par rapport aux besoins normatifs de 50.000 tonnes. (Moussaoui et Tchoulak, 2005). Malgré une réglementation en vigueur depuis 2009, des pesticides jugés dangereux et interdits dans d'autres pays, sont toujours présents en Algérie. (Merhi, 2008). C'est la loi n° 87-17 du 1er août 1987, relative à la protection phytosanitaire (JO 1995), qui a instauré au départ les mécanismes qui permettent une utilisation efficace des pesticides. Cette loi régit les aspects relatifs à l'homologation, l'importation, la fabrication, la commercialisation, l'étiquetage, l'emballage et l'utilisation des pesticides. Récemment, dans notre pays, l'usage des pesticides ne cesse de se multiplier dans de nombreux domaines et en grandes quantités.

Plus de 80% de la consommation mondiale de pesticides est utilisée dans l'agriculture pour protéger les semences, les cultures, et la lutte antiparasitaire est nécessaire pour éviter des pertes de 50% ou plus (Oerke, 2006). Les montants restants des pesticides sont utilisés dans

LES PESTICIDES

les programmes de lutte contre les vecteurs de santé publique (Yáñez et al., 2002; Pretty&Bharucha, 2015).et leur utilisation n'est pas répartie de manière homogène dans le monde, principalement en raison de leur coût et parce que les ravageurs varient selon le climat et la région géographique. Environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs. C'est la loi n° 87-17 du 1er août 1987, relative à la protection phytosanitaire, qui a instauré au départ les mécanismes qui permettent une utilisation efficace des pesticides. Cette loi régit les aspects relatifs à l'homologation, l'importation, la fabrication, la commercialisation, l'étiquetage, l'emballage et l'utilisation des pesticides. Récemment, dans notre pays, l'usage des pesticides ne cesse de se multiplier dans de nombreux domaines et en grandes quantités. C'est le milieu agricole d'abord qui utilise des tonnes de pesticides et des raticides; ces produits sont consacrés en majorité pour le traitement des cultures, la lutte contre les rongeurs et pour augmenter la production agricole. Ainsi, l'épandage de pesticides est courant sur les champs de pommes de terre dans le but de détruire les parasites pour la protection des récoltes (Bouziani, 2007).

Le secteur agricole a été le moteur de la croissance économique du pays puisqu'il a connu entre 2004-2014 un taux de croissance annuelle de 7,06 %, et la superficie agricole est passée à 8,5 millions d'hectares (Bessaoud, 2019). . Ainsi, le marché des produits phytosanitaires est en progression constante, en 2017, il représentait 104 millions de dollars et avait permis l'importation d'approximativement 20 000 tonnes de produits. Soit une consommation d'environ 0,85 kg par habitant et par an. Ce qui met l'Algérie tout en haut de la pyramide africaine ou la moyenne par habitant est d'à peine 0,135 kg par habitant (Faostat, 2019).

3.2 Les pesticides en mondial :

Au niveau mondial, l'expansion de l'usage des pesticides continue à s'effectuer depuis plus d'un demi-siècle. En effet, la croissance de leur utilisation dans le Tiers-monde compense une certaine régression de leur consommation (en tonnage) dans les pays développés (Ramade, 2005). La vente des pesticides rapporte à l'industrie environ 40 milliards de dollar par an. La part de l'Afrique dans le commerce mondial des pesticides est estimée à 4%. Cette part est très loin de celle de l'Amérique du Nord avec 21%, de l'Amérique latine 20,3%, de l'Europe 30,3% et de l'Asie 24,4%.

Par ailleurs, bien que les insecticides, constituent à l'échelle globale la catégorie prépondérante en matière de substances produites, on constate que l'usage des herbicides

LES PESTICIDES

s'accroît actuellement au détriment des autres pesticides (Ramade, 2005; Schreinemachers et Tipraqsa, 2012) (46,3%), ensuite, les fongicides (25,7%) et les insecticides (24,9%) (Figure 1). Selon l'Union des industries de la protection des plantes (UIPP), les États-Unis sont le premier consommateur mondiale de pesticides, suivent la Brésil, le Japon et la France, premier consommateur en Europe (figure). (UIPP, 2007)

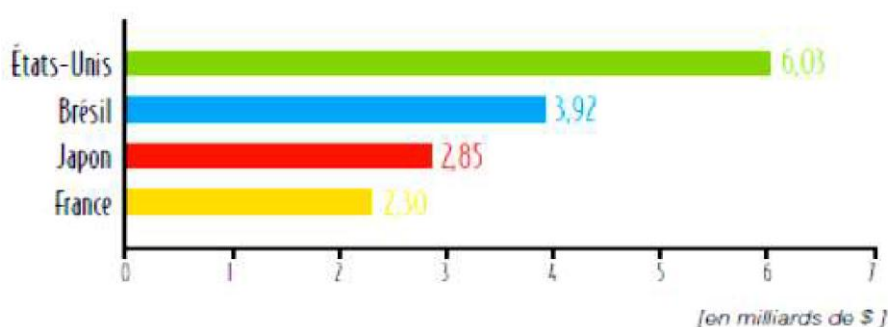


Figure 5: Principaux Marchés Phytopharmaceutiques Du Monde En 2006. [UIPP, 2007].

Plus de 80% de la consommation mondiale de pesticides est utilisée dans l'agriculture pour protéger les semences, les cultures, et la lutte antiparasitaire est nécessaire pour éviter des pertes de 50% ou plus (Oerke, 2006). Les montants restants des pesticides sont utilisés dans les programmes de lutte contre les vecteurs de santé publique (Yáñez et al., 2002; Pretty&Bharucha, 2015).et leur utilisation n'est pas répartie de manière homogène dans le monde, principalement en raison de leur coût et parce que les ravageurs varient selon le climat et la région géographique.

4. Composition et formulation:

4.1 Composition:

Un pesticide est composé de deux substances:

- Matière active: est la substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux est dénommée substance active (anciennement dénommée matière active) (Merhi, 2008).
- Adjuvant une ou plusieurs substances ajoutées afin d'assurer la stabilité de la matière active, appelée aussi excipient ou solvant. Les solvants (dérivés du pétrole), les additifs

LES PESTICIDES

utilisés pour la formulation, ainsi que les adjuvants (tensioactifs, huiles minérales ou végétales) ajoutés au moment de l'application, peuvent être de toxicité non négligeable par eux-mêmes et peuvent également modifier la toxicité de la préparation, notamment en améliorant l'absorption cutanée de la substance active (Bouvier, 2005).

4.2 Formulation

Un pesticide est constitué de nombreuses molécules comprenant :

- Une (ou plusieurs) substance active responsable de l'effet du pesticide.
- -Un solvant; Ces solvants sont souvent des huiles végétales dans le cas des liquides, de l'argile ou du talc dans le cas des solides.
- -Des additifs n'ayant pas d'activité biologique, mais pouvant modifier les propriétés du pesticide et faciliter son utilisation. Il y a plus de 100000 pesticides commercialisés, fabriqués à partir de 900 substances actives différentes. Chaque année, entre 15 et 20 nouvelles substances actives sont créées.

Les pesticides sont disponibles en différentes formes (liquide, solide ou gazeuse), afin de rendre leur application la plus efficace:

- Les formes liquides incluent les suspensions (suspensions concentrées), les solutions, les concentrés émulsifiables, les suspensions en micro-capsules et les aérosols.
- Les préparations solides comprennent les poussières, les particules, les granulés les pastilles, les granules solubles, les poudres solubles, les appâts, les tablettes, les comprimés, les pâtes granulées et les poudres mouillables.
- Les pesticides gazeux sont généralement des fumigants (ils peuvent être vendus sous forme de liquide ou de gaz).

Certains produits sont mis en marché prêts à l'emploi, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent aucune préparation avant l'application. Au contraire, d'autres exigent une préparation, comme par exemple le mélange dans un solvant pour ramener la concentration aux doses préconisées. Ce mélange, communément appelé bouillie, est ensuite appliqué sur le nuisible (Dorothée, 2011).

La forme d'un pesticide doit répondre à trois objectifs essentiels:

- Assurer une efficacité optimale à la matière active.
- Limiter les risques d'intoxication pour le manipulateur.
- Rentabiliser la matière active.

5. Modes d'action

5.1 Les fongicides:

Les fongicides peuvent avoir uni-site ou pluri-sites cibles cellulaires elle a un effet sur les processus vitaux (Tableau 2) (Kader, 2002, Periquet et al. 2004). Les fongicides absolus tuent les microorganismes cryptogamiques, les fongicides fongistatiques bloquent leur développement et les fongicides antisporelants entravent leur dissémination en détruisant la reproduction. Il existe de multiples modes d'actions antifongiques, certains fongicides agissant sur plusieurs paramètres à la fois: blocage la respiration mitochondriale (strobilurines), inhibition de la synthèse des protéines ou des lipides (IBS, inhibiteurs de la synthèse des stérols), perturbation de la division cellulaire (benzimidazoles). On distingue les fongicides de contact et les fongicides systémiques :

- Les fongicides de contact sont des fongicides de surface qui ne sont pas absorbés par le végétal (feuilles ou graines).
- Les fongicides systémiques sont absorbés par les plantes et véhiculés par la sève.
- Les fongicides préventifs sont appliqués avant l'apparition des spores (effet anti-germinatif) et les fongicides curatifs sont appliqués une fois que la plante ou le bois a été infesté (<https://www.officiel-prevention.com/dossier/protections-collectives-organisation->)

Tableau 2 : Classification et mode d'action des fongicides .

Familles des fongicides	Mode d'action
Les fongicides de contact: – Fongicides non systémiques à une action préventive, non absorbés par la plante Fongicide inorganique (Soufre, cuivre) – Fongicides organiques (mancozebe, muanghe)	Inhibition de la germination des spores ou de la croissance.
Fongicides inhibiteurs de la respiration mitochondriale	Multi-sites – Composés qui n'ont pas de cible enzymatique

LES PESTICIDES

	spécifique, inhibent plusieurs fonctions de champignons Inhibition du complexe III - Découplant de la Phosphorylation oxydative - Inhibition de la production d'ATP
Fongicides inhibiteurs de la division cellulaire	- Fixation sur la B-tubuline - Formation des parois cellulaires - Microtubules
Fongicides inhibiteurs de la biosynthèse	- Inhibition de la biosynthèse des stérols du groupe I et II - Inhibition de l'ARN polymérase et de l'adénosine désaminase
Fongicides systémiques à une action curative, pénètrent et se déplacent dans la plante par les vaisseaux du xylème et du phloème, on distingue: - Les fongicides systémiques pénétrantes - Les fongicides systémiques ascendantes - Les fongicides systémiques descendantes	Uni-sites - Inhibition de la respiration mitochondriale (inhibition du complexe II et III) - Inhibition de la biosynthèse des lipides (perturbation de la perméabilité membranaire) - Inhibition de la biosynthèse des stérols membranaires (IBS) - Inhibition de la synthèse d'ARN et d'ADN - Inhibition de la biosynthèse de méthionine - Inhibition de la formation des microtubules

5.2 Les herbicides:

Les herbicides (désherbants) sont utilisés en défense des cultures pour détruire les adventices (mauvaises herbes) en concurrence des végétaux cultivés, cette pratique agricole est appelée désherbage chimique, les chercheurs ont inventé plusieurs formulations chimiques qui se distinguent par leur voie de pénétration et leur mode d'action dans les végétaux .

A. Herbicides à pénétration par les organes souterrains: Qui se distinguent selon leurs actions sur la croissance et le développement de la plante en:

a. Actions sur la photosynthèse:

- La perturbation de la photosynthèse.
- Triazines: Amétryne, Atrazine, Prométryne, Terbutylazine, etc...
- Diazines Uraciles: Bromaciles.
- Triazinones: Héxazinone, Métribuzine.
- Urées substituées: Diuron, Chlortoluron.

LES PESTICIDES

- b. Action sur la division cellulaire L'inhibition de la division cellulaire à la métaphase : Toluidines: Pendiméthaline, Trifluralin.
- c. Action sur l'élongation cellulaire: Alachlore , Métazachlore, Métolachlor.
- d. Inhibition de la synthèse des caroténoïdes L'inhibition de la synthèse des caroténoïdes (pigments protecteurs des chlorophylles): Isoxaflutole, Clomazone, Les Isoxazolidinones.

B. Herbicides à pénétration foliaire: Qui se distinguent selon leurs actions sur la croissance et le développement de la plante en:

- a. Actions sur la photosynthèse :Bipyridyles: Paraquat, Diquat ; Diazines: Bentazone, Pyridate, etc...
- b. Actions sur les membranes cellulaires:Dinítrophénols: Dinoterbe ; Benzonitriles: loxynil, Bromoxynil.
- c. Action sur la division cellulaire :Carbamates: Asulame ; Dinitroanilines.
- d. Action sur l'élongation cellulaire :Aryloacides: 2,4-D, 2,4-MCPA, Dichlorprop (2,4-DP), Mécoprop (MCP) ; Dérivés picoliniques: Triclopyr, Piclorame.
- e. Action sur la biosynthèse:
 - L'inhibition de la synthèse des acides aminés ; Acides aminés: Glufosinate-Ammonium, Glyphosate, Sulfosate, Les Acides Phosphoniques, Les Aminophosphanates,...).
 - L'inhibition de la synthèse des lipides ; Lipides: Graminicides (Fluazifop-P-Butyl, Haloxyfop-R, etc....) ; Les Cyclohexanediones, Les Propionates . (Tchouar, 2014)

5.3 Les insecticides

Selon Siegwart (2019), 90% du marché d'insecticides ciblent le système nerveux des insectes (insecticides neurotoxiques). Ces derniers ont comme mission la perturbation de la transmission de l'information au niveau de l'axone ou de la synapse (Fig. 7). Un des premiers modes d'action utilisés est celui de la Pyrèthres naturels et DDT (modulation de la fermeture du canal sodium voltage dépendant avec dépolarisation de la membrane nerveuse)

LES PESTICIDES

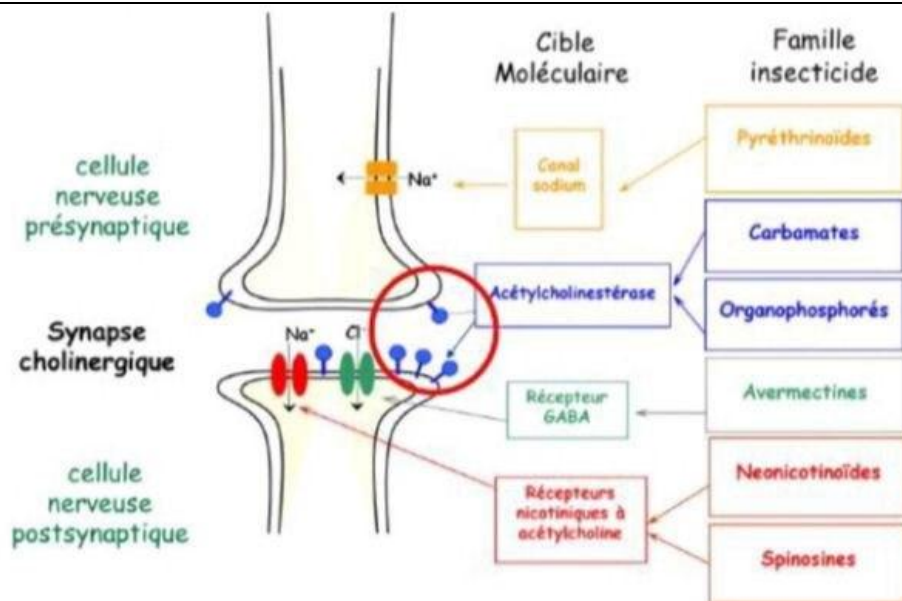


Figure 6: Cibles Des Insecticides Neurotoxiques (Siegwart ,2019).

Tableau 3: classification des pesticides selon la cible visée (Inserm, 2013).

Pesticide	Utilisation	Exemple
Les insecticides	Utilisation contre les insectes nuisibles	Dichlorodiphényltrichloroéthan . déltamethalonil
Les fongicides	Utilisés contre les champignons phytopathogènes ou vecteur demycoses animales	Moncozèbe, hexaconazole, c chlorothalonil
Les herbicides	Qui détruisent les plantes adventices des Cultures et, de façon plus générale, toute végétation jugée indésirable.	2,4-D, glyphosate
Les acaricides	Qui détruisent les acariens.	Abamectine . nicotine
Les nématicides	Employés contre les nématodes phytoparasites.	Bromomethane . chloropicrine
Les molluscicides	ouhélicides qui détruisent les	Methiocarbe.mercaptodiméthur

LES PESTICIDES

gastéropodes .		
Les rodenticides	Qui détruisent les acariens.	Warfarine ,phosphure de zinc
Les avicides	Destines à éliminer les oiseaux ravageurs	Strychnine

6. Doses admissibles et normes:

La dose journalière admissible (DJA) est la quantité maximale d'un pesticide ingérable quotidiennement sans risque sur une vie, calculée en mg/kg de poids corporel. Les normes (LMR - Limites Maximales de Résidus) fixent les résidus autorisés dans les aliments, souvent 0,1 ppm par défaut, et 0,1 µg/l par pesticide dans l'eau. Normes dans l'eau potable: La Concentration Maximale Admissible (CMA) est généralement de 0,1 µg/l pour un pesticide donné et de 0,5 µg/l pour la somme de tous les pesticides. Ces normes et doses sont régulièrement révisées par les instances de régulation pour garantir la sécurité sanitaire. Elles varient selon les pays, mais suivent souvent les recommandations du Codex Alimentarius(Aimeur, 2017).

7. Le devenir des pesticides dans l'environnement :

Les composantes de la biosphère sont en constante interaction. Dès l'application des pesticides et sous l'effet du vent, de l'infiltration, du ruissellement et du lessivage; l'eau, l'air et le sol se voient contaminer par la matière active.

Le ruissellement emporte avec lui en moyenne 2% des produits appliqués, quant au vent, il emporte entre 80 et 90%. Le lessivage reste celui qui entraine le moins de résidus de matière active. Au total presque 90% des pesticides appliqués sont perdus (El Khasna, 2016).

A son arrivé au sol soit à l'aide des précipitations qui sont déjà contaminé ou par les semences qui contiennent un certain pourcentage de matière active, le pesticide rencontrera divers obstacles qui déterminerons son devenir (Hayo & Van der Werf, 1997; El Khasna, 2016).:

- Dégradation par des micro-organismes.
- Dégradation chimique.
- Rétention par les composés organiques et minéraux.
- Absorption par les racines des plantes.

LES PESTICIDES

➤ Effet de dilution par l'eau.

L'atmosphère reçoit à son tour ça part de pesticides. La volatilisation est la cause principale de la dissémination, puisque l'application des pesticides au niveau du sol se fait majoritairement par pulvérisation et certaines matières actives sont volatiles. La concentration des pesticides dans l'air est en fonction des caractéristiques du produit, de sa sensibilité à la décomposition et les conditions climatiques. La contamination atmosphérique facilite la contamination du sol et de l'eau à travers l'action des précipitations qui sont chargées de matières actives prêtes à se poser aux sols et sur les eaux de surface. Avec la perméabilité du sol, les pesticides pénètrent aux profondeurs jusqu'aux nappes phréatiques (c'est la lixiviation qui permet la pollution des nappes phréatiques) qui sont sources d'eau potables et les contaminent (Hayo & Van der Werf, 1997; El Khasna, 2016)

La propagation des pesticides avec l'action du vent peut se faire à courte et à longue distance et engendre une pollution locale, régionale ou encore globale (Figure 7) (Hayo & Van der Werf, 1997; El Khasna, 2016).

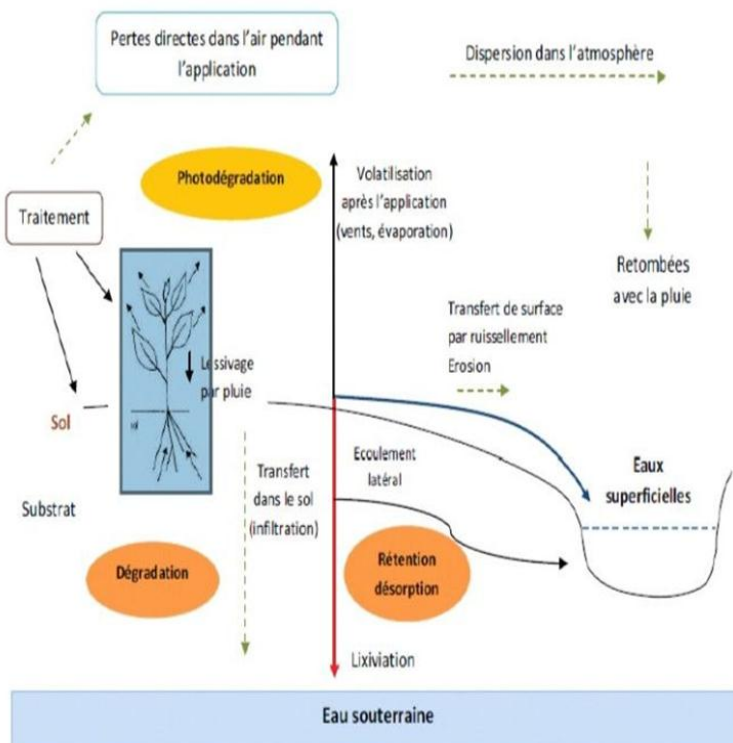


Figure7 :Les Voies De Contaminations Et De Pesticides Dans L'environnement
(DebbacheEt Foughali,2017).

La figure indique que plusieurs phénomènes entrent en jeu dans la propagation et l'élimination des pesticides (Debbache&Foughali, 2017).

- Phénomène de rétention: Soit par absorption par les plantes ou la microflore du sol, soit parabsorption de matière humique dans le sol. Outre les pesticides qui peuvent être absorbés par les racines et les feuilles des plantes, cette étape peut être la principale voie d'accumulation de ces produits le long des chaînes alimentaires.

- Des phénomènes de transformation: Transformant progressivement les pesticides en un produit moins toxique. Le processus de décomposition est un facteur de décontamination majeur pour les fractions environnementales contaminées par les pesticides. Cette transformation peut conduire à une minéralisation complète et relativement rapide; Cela peut entraîner une désintoxication de l'environnement ou au contraire, une toxicité. Des phénomènes de transport par lixiviation, lessivage ou ruissellement: Cela peut entraîner une pollution des eaux usées, des eaux de surface ou souterraines.

7.1 Le transfert des pesticides vers les eaux superficielles et souterraines:

Le transport des pesticides vers les eaux de surface et souterraines est réalisé sous forme dissoute et sous forme particulaire. A la surface du sol, le ruissellement qui est responsable de ce transfert peut être déclenché lorsque la pluie dépasse la capacité d'infiltration au sol ou bien par le débordement de la nappe. Dans ce cas, le transfert s'effectue sous forme dissoute et particulaire. Dans le sol, il peut également y avoir un écoulement horizontal de subsurface (hypodermique). La présence d'une couche relativement imperméable à faible profondeur favorise ce genre d'écoulement et les caractéristiques du sol déterminent l'importance de cet écoulement. L'eau est le principal vecteur des produits phytosanitaires dans le sol. En effet, le transport des pesticides dans la phase liquide du sol a lieu via trois principaux phénomènes.

La diffusion moléculaire c'est le mouvement des molécules dissoutes, créé par un gradient de concentration existant dans l'espace poral du sol. Ce phénomène correspond à un déplacement du pesticide de la zone où sa concentration est élevée vers la zone où elle est moins élevée. La convection: le transport du pesticide se fait au moyen d'un seul déplacement d'une phase

LES PESTICIDES

liquide: l'eau du sol. Ce type de transport obéit aux lois qui régissent l'écoulement de l'eau dans le sol.

La dispersion hydrodynamique est la résultante de la combinaison de la diffusion moléculaire dans la phase liquide en déplacement (l'eau du sol) et de la variation spatiale de la vitesse d'écoulement de l'eau dans l'espace poral. Ainsi, la dispersion traduit la répartition des molécules dans le milieu poreux où la convection a eu lieu. Le transport des pesticides concerne généralement les espèces dissoutes mais peut également avoir lieu quand les molécules sont associées aux colloïdes du sol (particules de 1 nm à 1 µm de taille comprenant les argiles, la matière organique et la biomasse microbienne).

On parle dans ce cas de transport particulaire. Les particules colloïdales se comportent comme une phase solide mobile qui adsorbe les polluants organiques et qui peut migrer dans le sol de façon similaire ou parfois supérieure à la phase aqueuse (Bouzouina & Benassas, 2022).

7.2 Transfert des pesticides:

Les processus de transfert impliqués sont divers et les quantités transférées sont en fonction des caractéristiques physico-chimiques des pesticides et des sols mais aussi des conditions climatiques (Ayadi, 2020).

7.2.1. Transfert vers le sol:

Il s'agit, soit de l'entraînement d'un pesticide en solution par ruissellement, soit de l'entraînement de molécules à la phase solide par transport particulaire ou érosion. Selon les mêmes auteurs. Les facteurs les plus déterminants et qui ont une influence directe pour ces transferts sont liés au milieu, tels que la pente du terrain, présence et nature du couvert végétal, caractéristiques des précipitations (intensité, durée de la période entre le traitement et la pluie provoquant le ruissellement), pratiques culturales, stabilité structurale du sol et durée de présence des substances à la surface du sol (Ayadi, 2020).

7.2.2. Transfert vers l'air:

Le transfert des pesticides dans l'air dépend de la nature du produit et de sa dimension (11). Il semble important d'éviter les gouttes de taille inférieure à 100 µm car elles n'atteindront probablement pas leur cible. La perte des pesticides par pulvérisation peut atteindre 30 à 50% vers l'air (Ayadi, 2020).

LES PESTICIDES

7.2.3. Transfert vers les eaux:

Le transport des pesticides vers les eaux de surface est réalisé sous forme dissoute et Sous forme particulaire. A la surface du sol, le ruissellement qui est responsable de Ce transfert peut être déclenché lorsque la pluie dépasse la capacité d'infiltration du sol ou Bien par le débordement de la nappe. Dans ce cas, le transfert s'effectue sous forme Dissoute et particulaire. Dans le sol, il peut également y avoir un écoulement Horizontal de subsurface (hypodermique). La présence d'une couche relativement (Ayadi, 2020).

8. Facteurs influençant le transfert des pesticides vers les eaux souterraines:

Les quantités de pesticide transférées vers les eaux souterraines dépendent de divers facteurs relatifs aux propriétés physico-chimiques des produits phytosanitaires et des sols, ainsi que des pratiques culturales et des conditions climatiques (Belaze, 2015).

8.1 Les propriétés physico-chimiques des pesticides:

Certaines propriétés physico-chimiques jouent un rôle important dans le transfert des pesticides vers les eaux souterraines et les approches d'estimation des risques se fondent sur des paramètres tels que le K_d ou son expression normalisée le KOC et le DT50. Relativement au K_d , la tendance générale est que plus un pesticide ne possède un K_d élevé, plus son transport est réduit. On observe une diminution importante de l'adsorption et donc du K_d en profondeur (1 à 10) correspondant à des horizons du sol pauvres en composés carbonés. Le paramètre DT50 est utilisé pour déterminer le caractère polluant potentiel d'un pesticide.

En effet, plus le pesticide est persistant dans les sols, plus il a de chances de subir des transferts vers les eaux souterraines ou superficielles. L'indice de mobilité GUS (Ground water Ubiquity Score) proposé par Gustafson a été construit en considérant que le potentiel de pollution d'un pesticide est principalement déterminé par l'adsorption, exprimée par le coefficient KOC et la dissipation, exprimée par la durée de demi-vie de dissipation (DT50) (Guezal, 2018).

8.2 Propriétés des sols:

Dans le sol, la matière organique constitue la principale phase adsorbante et l'un des facteurs jouant un rôle important dans la mobilité des pesticides. Ceci a été démontré dans de nombreux travaux où les quantités lessivées retrouvées étaient plus importantes dans les sols pauvres en matière organique. Cependant, la présence de matière organique dissoute dans le

LES PESTICIDES

sol et les eaux d'infiltration peut favoriser le lessivage des pesticides en raison de l'augmentation de la solubilité des molécules. La structure du sol joue également un rôle important dans le transfert des pesticides vers les eaux souterraines. Des pollutions parfois importantes peuvent être consécutives à des transferts préférentiels dus à la présence de macropores (sols argileux, roches altérées). La texture des sols est également un des facteurs dont dépend le transport des pesticides dans le sol comme l'illustre le cas du terbacil qui est très mobile dans les sols à texture sableuse et modérément mobile dans les sols argileux (Guezel, 2018).

8.3 Facteurs climatiques:

Les caractéristiques climatiques telles que la température, l'intensité des précipitations et la saison où elles surviennent ainsi que le temps séparant les pluies et l'application du pesticide jouent un rôle important dans la détermination des transferts des produits phytosanitaires vers les eaux souterraines (Belaze, 2015). Les facteurs climatiques susceptibles d'influencer le transfert des pesticides vers les eaux souterraines sont essentiellement la température et les précipitations (Guezel, 2018).

8.4 Temps de contact sol-pesticide:

Le transfert des pesticides vers les nappes d'eaux souterraines est aussi influencé par leur durée de résidence dans le sol. De nombreux travaux ont mis en évidence une diminution des concentrations de pesticides dans les volumes de lixiviat après un temps de séjour plus ou moins long des pesticides dans le sol. Au cours du vieillissement, il y a une dégradation des pesticides sans que ce processus ne permette d'expliquer la diminution des quantités transférées. Une diffusion à l'intérieur des agrégats du sol, rendant les molécules moins disponibles au transfert, pourrait l'expliquer (Guezel, 2018).

9. La dispersion des pesticides :

Après l'application sur le terrain, les pesticides pénètrent dans les différents compartiments environnementaux le sol et la surface eaux, plantes et atmosphère, contaminant différentes matrices .

Le mouvement des pesticides dans l'environnement est très complexe avec des transferts continuels entre les différents compartiments environnementaux. Dans certains cas, ces échanges se produisent non seulement entre des zones proches les unes des autres, mais peuvent également impliquer le transport de pesticides sur de longues distances. La

LES PESTICIDES

distribution mondiale du DDT et la présence de pesticides dans les plans d'eau tels que les Grands Lacs loin de leurs principales zones d'utilisation sont de bons exemples du vaste potentiel d'un tel mouvement (Kurek et al., 2019).

9.1 La contamination des milieux aquatiques:

Les pesticides utilisés en agriculture, en sylviculture et ceux rejetés par l'industrie et les communautés urbaines peuvent, dans certaines conditions, atteindre et polluer les milieux aquatiques. (Fournier & Bonderf, 1983; Selvakumar et al., 2005) Les résidus des pesticides dans les milieux aquatiques peuvent se volatiliser dans l'atmosphère, être dégradés, être absorbés par la flore et la faune aquatique, s'adsorbé sur les sédiments, mais également rester en solution, en suspension ou précipiter. (Fournier & Bonderf, 1983). La dégradation des pesticides dans les milieux aquatiques est assurée par des mécanismes tels que l'hydrolyse pour les insecticides organophosphorés et carbamates [Biziuk et al, 1996], ou la photolyse pour de nombreuses molécules peu soluble formant un film à la surface de l'eau. (Fournier & Bonderf, 1983). Les pesticides se trouvent dans les premiers centimètres du sol, elles peuvent être transférés par l'eau sous forme dissoute ou particulaire (Louchart & Voltz, 2006), également on les retrouve dans les eaux de surfaces (cours d'eau et étendues d'eau) ainsi que dans les eaux souterraines et marines (Meem, 2015). La pollution des eaux souterraines due aux pesticides est un problème mondial, selon Aktar (2009) la contamination peut prendre plusieurs années pour se dissiper ou être nettoyée. Le nettoyage peut également être très coûteux et complexe. Des pollutions parfois importantes peuvent être consécutives à des transferts préférentiels dus à la présence de macrospores (sols argileux, roches altérées) (Siczek et al., 2008); Cependant, la présence de matière organique dissoute dans le sol et les eaux d'infiltration peut favoriser le lessivage des pesticides en raison de l'augmentation de la solubilité des molécules (Song et al., 2008). Donc, La structure du sol joue également un rôle important dans le transfert des pesticides vers les eaux souterraines (Siczek et al., 2008).

9.2 La contamination atmosphérique:

Les pesticides peuvent polluer l'atmosphère: lors de l'application par volatilisation à partir des surfaces traitées (feuillage, sol, plan d'eau), et après traitement, par raison éolienne (poudres, particules du sol traité). (Kosikowska & Biziuk, 2010). Certains auteurs estiment que, lors d'un traitement aérien, la moitié de la matière active appliquée peut être entraînée dans l'atmosphère en fonction des conditions atmosphériques, du type de formulation (poudre, bouillie, liquide pour pulvérisation) et de sa composition (rôle des adjuvants), du mode

LES PESTICIDES

d'application correspondant (poudrage, pulvérisation). Dans l'atmosphère, les pesticides peuvent être dispersés sur de très grandes distance, dégradés (photo décomposition), redéposés sur la végétation, le sol ou les plans d'eau par la pluie et le vent. (Fournier & Bonderf, 1983). L'apparition des pesticides dans l'atmosphère peut résulter d'une dérive pendant l'application ou, par la suite d'une volatilisation du sol, les plantes ou les eaux de surface et par érosion éolienne, mais les plus grandes concentrations de pesticides passent dans l'atmosphère après les épandages aériens (Bedos et al., 2002; Scholtz et al., 2002), en fonction des conditions météorologiques et des modes d'applications, ce taux peut même atteindre 90% sur des sols humides (Guigon-Moreau, 2006). Cela contamine l'air, les brouillards et les pluies, (Majewski et al., 2014). Leur persistance dans l'atmosphère dépend grandement de la photo réactivité de la molécule et de son dépôt. Les pesticides organochlorés par exemple, sont persistants dans l'atmosphère et peuvent être transportés sur de longues distances (Pokhrel et al., 2018).

Les pesticides les moins stables peuvent subir des dégradations chimiques ou photochimiques et produire ainsi des aérosols et des polluants secondaires tels que l'ozone. C'est ainsi, qu'ils contribuent à amplifier les pics de pollution dans les villes (Manisalidis et al., 2020). Une contamination épisodique (lors des épandages) s'ajoute à une contamination chronique, il y a donc une présence de pesticides dans l'air toute l'année. Cependant, l'été et le printemps sont plus chargés, contrairement à l'hiver (Kuang et al., 2003; Mast et al., 2007; Vogel et al., 2008). Une synthèse des données disponibles sur la présence des pesticides dans l'atmosphère (Yusà et al., 2009) relate que plusieurs dizaines de pesticides appartenant à des classes d'utilisation récente ont été mis en évidence par différentes études, directement en lien avec les applications et dépendant de la localisation du site d'étude par rapport à la zone d'épandage.

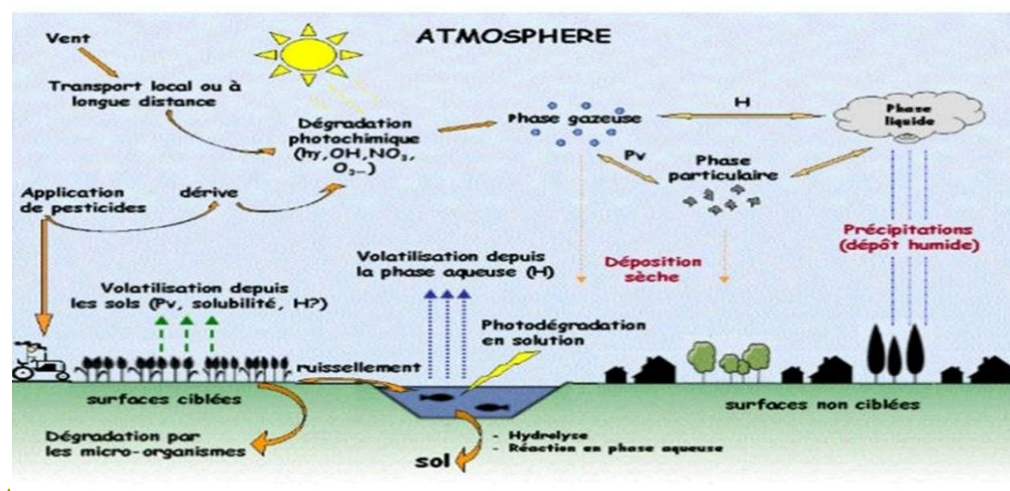
9.3 La contamination de sol:

Le sol joue un rôle fondamental pour le devenir des pesticides dans l'environnement. [Fournier et Bonderf, 1983] La pollution par les pesticides varie selon la typologie du sol et les produits utilisés. Cependant, il est important de noter que lors de l'utilisation des pesticides en agriculture, une quantité résiduelle du produit atteint le sol pour s'y fixer plus ou moins longtemps. (Tron, 2001) La dégradation d'une molécule dans le sol est essentiellement liée à l'activité enzymatique des microorganismes Fournier et castroux, 1980; Van Der Werf, 1996], à l'hydrolyse (dégradation chimique), ou à l'absorption par les racines des plantes. (Van Der

LES PESTICIDES

Werf, 1996) Dans le sol, le déplacement d'un pesticide peut avoir lieu en surface (entraînement par ruissellement), dans la phase gazeuse (diffusion) ou dans la phase liquide (diffusion et entraînement par lessivage). (Tron, 2001)

La vitesse d'infiltration des pesticides dans le sol dépend du sol (humidité, taux de matière organique, pH) et du pesticide (Merhi, 2008), 20 à 70% de la quantité appliquée peut se lier aux colloïdes du sol et y persister (Elbakouri, 2006). Figure : Devenir des pesticides dans l'environnement (Berrah, 2011)



Mis en forme : Police : (Par défaut)
Times New Roman, 12 pt, Gras, Police
de script complexe : Times New Roman,
12 pt, Gras

Figure 8 : Devenir Des Pesticides Dans l'environnement (Berrah, 2021).

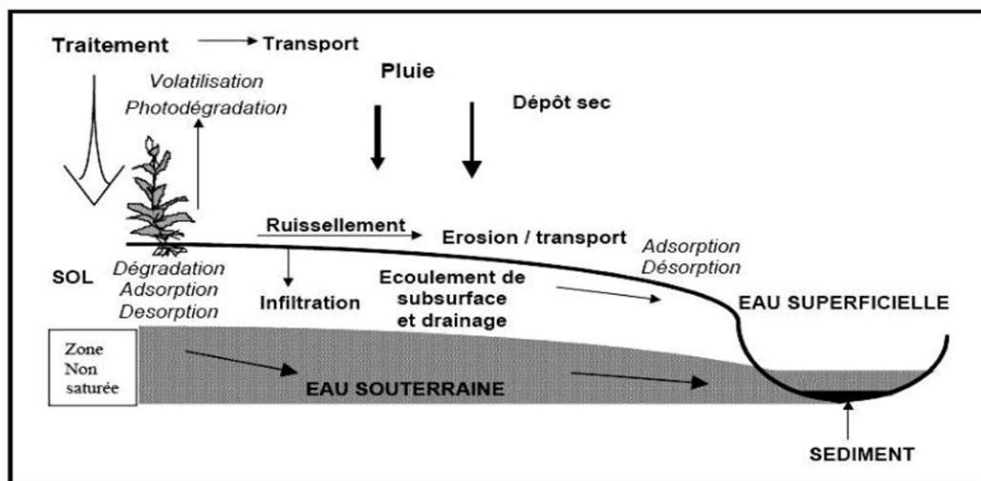


Figure 9 : Mécanismes De Transferts Et De Transformations Des Pesticides Dans Les Milieux De L'environnement (Cpp,2020).

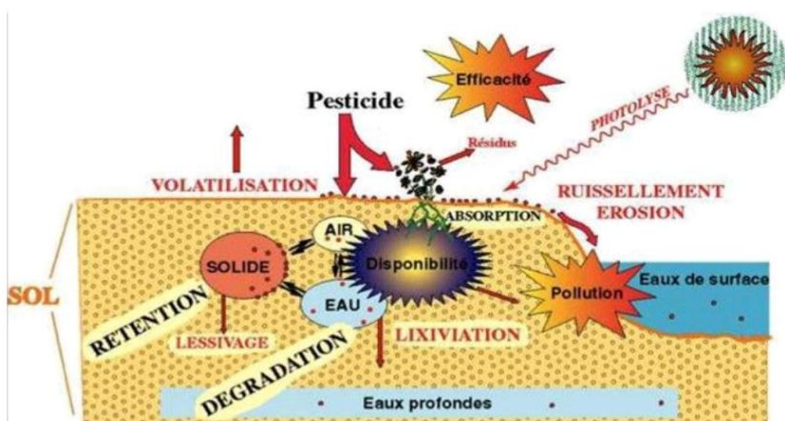


Figure 10: Compartiment Des Pesticides Dans Le Sol (Batsch,2011).

10. Effet des pesticides

10.1 Effet des pesticides sur la flore:

Les pesticides sont l'un des facteurs les plus influençant l'abondance générale des plantes sur les terres agricoles (Boatman et al., 2014). Par ailleurs, ils peuvent toucher fortement la survie, la reproduction et le développement des plantes par l'inhibition de la photosynthèse, l'inhibition de la division cellulaire ou la perturbation de la régulation de phytohormones. En outre, ils peuvent aussi induire à des changements dans les communautés végétales à plus grande échelle entraînant des impacts écologiques et agronomiques importants (Helander et al., 2012).

10.2 Effets sur les vers de terre:

Les lombrics présentent une capacité considérable de concentration des pesticides persistant présents dans les sols. Ils représentent la plus grande partie de la biomasse des invertébrés du sol (>80%), ils participent à l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol représentant ainsi un maillon très intéressant dans la chaîne alimentaire. Ils ont un régime détritophage, ils doivent ingérer chaque jour une masse d'humus supérieure égale à plusieurs fois leur poids corporel pour subvenir à leur besoin nutritif. Plusieurs études ont été

LES PESTICIDES

réalisées pour voir l'effet des pesticides sur la croissance, la reproduction et le système nerveux des vers de terre. La voie d'exposition la plus fréquente est celle via les eaux contaminées dans le sol surtout les eaux issues des précipitations qui suivent les traitements avec les pesticides (Bohlen, 2002, Stanley & Preetha, 2016).

10.3 Effets sur les abeilles :

Pour aborder l'effet des pesticides sur les abeilles, nous avons jugé utile d'évoquer d'abord les voies d'intoxication directe ou indirecte, ainsi que les méthodes d'essais qui ont permis de révéler les altérations biologiques des abeilles causées par ces pesticides chez les abeilles.

10.3.1. Voies d'intoxication des abeilles

Les substances toxiques provenant de l'environnement peuvent entrer dans la colonie par différentes voies (Fig10). Les plantes peuvent absorber des substances toxiques par l'air, l'eau ou le sol, par la suite l'abeille ramène à la ruche les polluants par le nectar ou le pollen. Cette source indirecte de contamination est la plus importante du point de vue de la qualité du miel (Air Rhône-Alpes, 2015). Il ya d'autres sources directes de contamination qui peuvent se produire par pulvérisation foliaire ou en enrobage de semences. Ces substances ont la particularité de pouvoir circuler dans le système vasculaire de la plante ainsi de pouvoir migrer dans tous les tissus.

Pour cela on peut retrouver les pesticides systémiques dans le nectar ou le pollen produit par la plante alors que seule la graine a été au départ enrobé avec le pesticide (Jean, 2013; Coulon, 2017).

Trois voies différentes d'intoxication ont été invoquées par plusieurs auteurs (Hafsaoui et Tahraoui, 2019; Bourg, 2006; Leng et al., 1997).

- Par ingestion de produits contaminés (nectar, pollen, eau, miellat). Toute la colonie peut alors être concernée, puisque les butineuses ramènent à la ruche des produits contaminés, qui serviront à l'alimentation des larves et des congénères adultes.
- Par contact, les abeilles peuvent être aspergées directement par le produit ou butiner des fleurs traitées contenant des résidus.
- Par inhalation qui dépend de la concentration dans l'air, du débit respiratoire ainsi que du temps et fréquence de l'exposition.

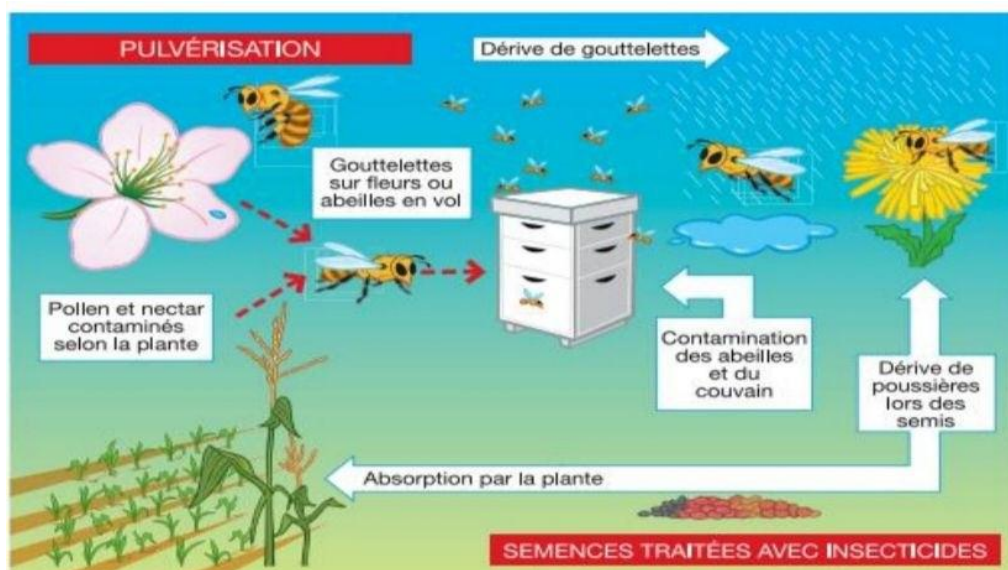


Figure11: Les Voies D'exposition Des Pollinisateurs Aux Pesticides (Jean, 2013).

10.4 Effets sur les poissons:

Il a été prouvé que les pyréthrinoïdes de synthèse, les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates sont très toxiques pour les poissons. Des essais *in vitro* ont été réalisés sur certains type de poissons ont révélés des effets mutagènes et une diminution dans la proportion des lymphocytes, une altération de certains tissus musculaires des poissons, ainsi que d'autres effets néfastes Il a été prouvé que les pyréthrinoïdes de synthèse, les organochlorés, les organophosphorés (Werner et al., 2002, Singh et al., 2004, Harford et al., 2005, Stanley & Preetha, 2016).

10.5 Effets sur la santé humaine:

Les pesticides tuent chaque année 2000 personnes dans le tiers de monde tandis que 25 millions d'ouvriers d'agricoles sont gravement atteints car la concentration des pesticides est élevée dans l'organisme. Il a été observé des cas mortels et des cas intentionnels (El Bakouri, 2002). Le plus souvent, le toxique est ingéré sous forme de résidus présents dans la nourriture; mais l'absorption peut se faire dans l'eau de boisson, par l'air inhalé ou par contact de la peau avec le produit (Spea, 1991). Etant donné toutes les maladies causées par la toxicité de ces pesticides qui constituent un réel danger sanitaire, la protection du consommateur présente un enjeu important de santé publique. C'est pour ces raisons que plusieurs réglementations

LES PESTICIDES

portant sur les pesticides ont été mises en place par les différentes autorités (Sauphanor et al., 1993).

De nombreuses études ont été réalisées afin de relier entre les effets des pesticides et les différentes maladies que la quasi-totalité des agriculteurs en souffrent. Les résultats démontrent que certains pesticides peuvent provoquer une toxicité aigüe qui présente des risques de morbidité et de mortalités conséquentes, en revanche la toxicité chronique qui survient suite à l'absorption répétée de faibles doses de pesticides, cause des dommages à long terme qui peuvent être réversible (Ayad-Mokhtari, 2012).

L'empoisonnement est le premier risque que subit le corps humain, près d'un million de personnes par an sont atteintes d'intoxication accidentelle à l'échelle mondial et le taux de mortalité s'élève à 20 000 (Hayo & Van der Werf, 1997).

En Algérie, le nombre d'intoxication via les pesticides est de 14% et demeure stable depuis 10 ans (Ayad-Mokhtari, 2012) (Tableau 4).

Tableau 4: Le nombre de cas d'intoxication par les pesticides en Algérie (Ayad-Mokhtari, 2012).

Date	2005	2007	2008
Nombre de cas	519	685	715

La pénétration des pesticides dans l'organisme peut se faire par plusieurs voies par ingestion volontaire ou non (mains souillées), par inhalation, par contact cutané. On distingue deux types d'exposition:

10.5.1. Expositions primaires:

Les personnes concernées ici sont les personnes manipulant directement les produits, au moment de la préparation, de l'application, du nettoyage des appareils, du vidage des cuves. Il s'agit pour la plupart des agriculteurs et professionnels utilisant ces produits, mais aussi des particuliers pour un usage domestique. Cette exposition est plutôt ponctuelle, et survient lors des périodes de traitement. Cependant il s'agit de contaminations à doses plus fortes, le produit étant pur ou dilué pour le traitement, Les agriculteurs et les ouvriers qui

LES PESTICIDES

préparent les mélanges et réalisent les traitements ont plus de risque ont plus de risque que le reste de la population d'être atteints par contact de la peau ou par inhalation (Dorothee, 2011).

10.5.2. Expositions secondaires:

Elles concernent l'ensemble de la population, par l'exposition aux résidus découlant de l'utilisation de pesticides, à travers de l'alimentation et de l'environnement. Les effets observés pourraient résulter de l'accumulation de molécules qui s'éliminent lentement, atteignant un seuil de concentration critique au bout d'un certain temps, ou bien, dans le cas de molécules rapidement éliminées. Découler de l'addition d'effets sous-cliniques et irréversibles. En général, l'homme absorbe les pesticides et leurs produits dérivés via la nourriture, l'eau, l'air respiré ou par contact avec la peau (Dorothee, 2011).

10.5.3. Toxicité aiguë:

Les effets aiguë (ou à courte terme) se traduisent généralement avec apparition immédiate de symptômes peut de temps après le traitement. Les intoxications aigue surviennent lorsque le sujet est exposé à des quantités importantes de pesticides. Selon la voie de pénétration et la dose du produit appliqué, différents symptômes peuvent se manifester des signes généraux (fatigue, fièvres), des signes cutanés (rougeurs, brûlure), des signes oculaires (démangeaisons, rougeurs oculaires, trouble visuel) des signes neurologiques (céphalées, vertige, tremblements, convulsion généralisée, perte de connaissance), des signes digestifs (nausée, vomissement, diarrhées, douleurs abdominales) et des signes respiratoires (toux, gêne respiratoires, douleurs thoraciques) (Louchahi, 2015).

10.5.4. Effets chroniques ou retardés:

Les effets chroniques ou retardés des pesticides sur la santé se manifestent soit à distance d'une exposition unique et intense, soit à la suite d'expositions de faibles intensités mais répétées dans le temps, ces dernières sont de loin les plus fréquentes et concernent potentiellement l'ensemble de la population, qu'elle soit exposée professionnellement ou par l'environnement (air, eau, alimentation) les effets observés pourraient résulter de l'accumulation de molécules qui s'éliminent lentement atteignant un seuil de concentration critique au bout d'un certain temps ou bien pour des molécules qui sont rapidement éliminées (Regnault, 2005).

LES PESTICIDES

Il n'existe pas à ce jour de statistiques convaincantes sur les effets sanitaires retardés imputables ou pesticides. Il est vrai que les effets retardés des pesticides recouvrent une réalité de troubles hétérogènes (cancer, problèmes de reproduction atteints des systèmes endocriniens et nerveux) souvent mal identifiés et qui apparaissent par définition, à distance des expositions, soulevons ainsi de nombreuses incertitudes ou moment d'évaluation des risques (Regnault, 2005).

10.5.5. Effets sur la reproduction:

La reproduction comprend l'ensemble des étapes qui vont depuis la production des gamètes conditionnant la fertilité, jusqu'à la maturité sexuelle des individus en passant par la fécondation et nidation de l'œuf puis le développement embryonnaire et fœtal. Toutes ces étapes se caractérisent par de nombreuses observations effectuées au cours des dernières décennies du xx siècle nous ont appris que les pesticides comme de nombreux autres xénobiotiques pouvaient être à l'origine de troubles de la reproduction chez l'homme (Joffin, 1998).

10.5.6. Effets sur la fertilité:

Le potentiel toxique de certains pesticides sur la fonction de reproduction a été pris sérieusement en considération à la suite des conséquences dramatiques liées à l'emploi du dibromochloropropane (DBCP). Ce nématocide développé aux États-Unis à la fin des années 50 a été commercialisé dans de nombreux pays d'Amérique centrale et d'Asie du sud-est, les essais de toxicité animale avant enregistrement aux États-Unis avaient clairement montré que le DBCP réduisait la production de spermatozoïdes et conduisait à l'atrophie des testicules (Vierling et Leyral, 2007).

C'est également en 1977 qu'on a découvert les effets sur la fertilité masculine d'un insecticide organochloré, le chlordécone, une centaine d'ouvriers fabriquant cette molécule aux États-Unis ont présenté à divers degrés un syndrome toxique associant des symptômes neurologiques et une atteinte de leur fertilité, la toxicité du chlordécone semble être liée à ses propriétés hormonales anti-oestrogéniques et, à ce titre, elle est l'une des premières substances à avoir été classée comme perturbateur endocrinien, sans toutefois égaler la gravité associée à l'emploi du DBCP ou du chlordécone, des anomalies du sperme ont été également rapportées chez des ouvriers agricoles utilisant des molécules telles que le dibromure d'éthylène (Vierling et Leyral, 2007),

10.5.7. Développement embryonnaire et foetal:

L'introduction des herbicides de la famille des acides phénoxy acétiques (2,4-D) et leur possible contamination par les dioxines a entraîné, à partir des années 80 de nombreuses recherches concernant leurs implications dans l'apparition d'anomalies congénitales. La plupart de ces études n'ont pas mis significativement en évidence les effets d'une telle association au début des années 90 une étude américaine a rapporté une augmentation du risque d'apparition d'anomalies congénitales du tractus digestif chez des femmes résidentes dans des zones d'épandage aérien de malathion. Les expositions maternelles pré ou post conceptionnelles peuvent être à l'origine d'issues défavorables de grossesses, divers travaux suggèrent un effet de l'exposition maternelle aux pesticides par le risque de mortalité intra utérine et par la diminution de la croissance fœtale, mais la portée des conclusions est limitée par de nombreux problèmes méthodologiques (Descote 1992).

10.5.8. Effets neurologiques:

Effets neurologiques constituent l'une des manifestations les plus fréquentes des intoxications aiguës aux pesticides, la possibilité d'effets neurologiques retardés à la suite d'exposition chronique et répétée a donc constitué également une voie logique d'investigation (Frank, 1992). Certaines manifestations retardées peuvent se produire suite à un épisode d'intoxication unique et aiguë. Il s'agit de l'apparition d'un syndrome dénommé. « Intermédiaire et caractérise dans un premier temps par une paralysie des nerfs crâniens, faiblesse musculaire proximale et une faiblesse musculaire respiratoire plus tard, c'est l'installation d'une poly-neuropathie. Cependant, la plupart des effets chroniques ou retardés des pesticides vont apparaître à la suite d'expositions d'intensités plus faibles mais répétées et se caractériser par des manifestations neuropsychiques et comportementales ou par des atteintes du système nerveux central à l'origine d'atteintes neuro-dégénératives (maladie parkinson) (Frank, 1992).

10.5.9. Troubles comportementaux et psychiques:

Plusieurs études suggèrent que l'exposition professionnelle à des pesticides principalement organochlorés ou organophosphorés est associée à une diminution progressive des capacités neuro-comportementales et à l'apparition de troubles de la mémoire ou d'anxiété.

LES PESTICIDES

Une étude conduite aux États-Unis parmi plus de 700 agricultures a montré que l'exposition à des organophosphorés à des niveaux relativement élevées (ayant entraîné des intoxications aiguës) conduisait à l'apparition de symptômes dépressifs indépendamment d'autres facteurs de risque connus (Chorfi, 1982).

b. Maladies neuro- dégénératives:

Parmi les nombreuses maladies neuro- dégénératives, la maladie de Parkinson fait l'objet d'un très grand nombre de travaux qui ont exploré le rôle des pesticides comme cause de maladie (Kreppel et al, 2004).

10.5. 10. Le cancer:

Plusieurs pesticides sont identifiés comme cancérogènes reconnus ou probables pour l'homme par différents organismes internationaux d'après des études épidémiologiques ou expérimentales. Pour la population professionnellement exposée, il semblerait que la mortalité et l'incidence de certains types de cancers soient augmentées. Il s'agirait en général de cancers peu fréquents tels que les cancers des lèvres, des ovaires, du cerveau et de la peau. Plusieurs pathologies sont suspectées chez l'enfant dont les leucémies et les tumeurs cérébrales. Celles-ci semblent associées à l'exposition de la mère durant la grossesse. En revanche, concernant la population générale, les données demeurent controversées chez l'adulte à l'exception des lymphomes. En résumé, les connaissances demeurent insuffisantes et les études doivent être approfondies notamment sur la détermination des expositions aux pesticides et sur les mécanismes biologiques d'action des substances (ERRAMI, 2012).

➤ Exposition professionnelle aux pesticides et cancer:

Les professionnels sont évidemment les plus touchés, victimes et coupables de leur technique d'utilisation des pesticides et des doses utilisées frôlant parfois l'inconscience. Ainsi les fermiers ont un taux sanguin des différents produits élevés et ce taux varie en fonction et le taux de certains cancers est significativement plus élevé chez les agriculteurs. Les pesticides sont également responsables de dermatoses chez les ouvriers nettoyant les cuves ayant contenu des pesticides, de dégénérescences rétiniennes sont également responsables de sinusites, bronchites irritatives, oculaires (Joffin, 1998).

➤ Cancer chez les enfants:

LES PESTICIDES

Les enfants sont particulièrement exposés aux risque carcinologique des pesticides écoles, jardins publics, nourriture, l'eau exposition parentale pendant la gestation, les pesticides sont soupçonnées de favoriser les cancers suivant, leucémies, neuroblastomes tumeur de wilms, sarcome des tissus nous lymphomes non, hodgkiniens, cancer du cerveau, sarcome d'ewing (cancer des os), cancer du testicule, cancer colorectaux mais les doses et la liste des produits responsables restent à établir les autres préconisent dans leur conclusion qu'il serait possible de prévenir un certain nombre de cancer de l'enfant en réduisent ou éliminant l'exposition aux pesticides une relation a été mise en évidence entre l'incidence des tumeurs cérébrales chez l'enfant et l'utilisation.

10.5.11. Perturbation endocriniens:

Les perturbateurs endocriniens englobent une gamme très large et diversifiée de molécule comprenant des substances plastiques, des déchets industriels, des métaux lourds mais aussi les pesticides. Un perturbateur endocrinien peut donc être défini comme une substance exogène à l'origine qui interfère sur la synthèse, l'excrétion, le transport, les liaisons, l'action ou l'élimination d'hormones naturelles (Catherine-Regnault, 2005). Ces troubles observés sur la reproduction ont souvent été reliés à des effets perturbateurs endocriniens s'exerçant sur la sphère sexuelle et montrés en particulier puisse être à l'origine d'une grande variété d'effets adverses cancers du sein, de la prostate, des testicules, des malformations de l'appareil génital male (cryptorchidie, hypospadias), endométriose, infertilité masculine ou féminine et perturbations du comportement sexuel. Il faut aussi signaler que ces perturbations endocriniennes ne concernent pas uniquement la physiologie sexuelle mais aussi d'autres activités hormonales comme les fonctions thyroïdienne et surrénalienne et elles pourraient également retentir sur le système immunitaire (Periquet et al., 2004)

10.5.12. Effet sur le système immunitaire

L'exposition à ces produits augmente les risques d'atteinte par des maladies infectieuses en plus des effets comme la chute de production d'anticorps. D'autre part, plusieurs pesticides communément utilisés pourraient supprimer la réponse normale du système immunitaire humain à l'invasion de virus, des bactéries, de parasite et de tumeurs (Salameh et al., 2006)

10.5.13. Formation de résidus liés :

LES PESTICIDES

L'utilisation de molécules marquées radioactivement a permis de mettre en évidence L'immobilisation d'une fraction non extractible de produits phytosanitaire dans les sols, Fraction comportant non seulement la molécule mère mais aussi ses produits de Dégradation. Le vieillissement des résidus dans le sol provoque une diminution de leur Disponibilité, notamment pour repasser sous forme dissoute. En revanche leur Transport à l'état adsorbé peut être favorisé. La formation de résidus liés dans le sol contribue donc, au moins temporairement, à Réduire le risque de transfert d'une substance vers les eaux souterraines. La proportion de résidus liés est dépendante de la molécule et des conditions du Milieu. Pour une incubation de 100 j. la proportion de résidus liés varie de moins de 10% pour certaines molécules (pendimethaline) à plus de 60%.

11. La bioaccumulation

Toute substance qui contamine le milieu naturel peut être concentrée par les êtres vivants grâce aux échanges permanents avec le milieu extérieur et aux divers processus métaboliques. Cette concentration se fait selon un niveau variable suivant le maillon de la chaîne trophique considéré et qui subit les effets à long terme.

Pour ce qui est des substances liposolubles, la bioaccumulation dépend du coefficient de partage Octanol-eau Kow; si celui-ci est élevé et la vitesse de dégradation faible, la substance s'accumulera à des concentrations croissantes dans les organismes se succédant le long de la chaîne trophique. C'est ce qu'on appelle la bioaccumulation (Cooper, 1991). Il est évident qu'un pesticide qui suit ce processus est, à exposition et toxicité égales, plus dangereux pour l'environnement qu'un autre produit qui ne s'accumule pas.

Les végétaux absorbent les pesticides par le système racinaire. Cette accumulation dans la biomasse des producteurs primaires à un taux bien supérieur à celui du sol, constitue le premier maillon de la concentration des chaînes trophiques alimentaires. Il y a également une concentration verticale des toxiques, le long des chaînes trophiques; et le plus haut coefficient de concentration se trouve au niveau du dernier maillon.

Ces concentrations en résidus totaux chez les prédateurs peuvent être suffisantes pour compromettre leur reproduction et même dans certains cas plus rares, faire périr les adultes. Une faible contamination initiale peut conduire à des cas de stérilité ou de mortalité en bout de chaîne (Di Geronimo, 1987).

LES PESTICIDES

Une étude a montré que le DDT présent à un taux d'environ 0,000002 ppm dans l'eau, passe à 0,04 ppm dans le plancton, 1,5 ppm chez les poissons de taille moyenne et enfin à 20 ppm pour les oiseaux de proie des ces poissons. La concentration est passée donc de 0,000002 ppm à 20 ppm; soit multipliée par un facteur de 10 millions (Lafont, 1975).

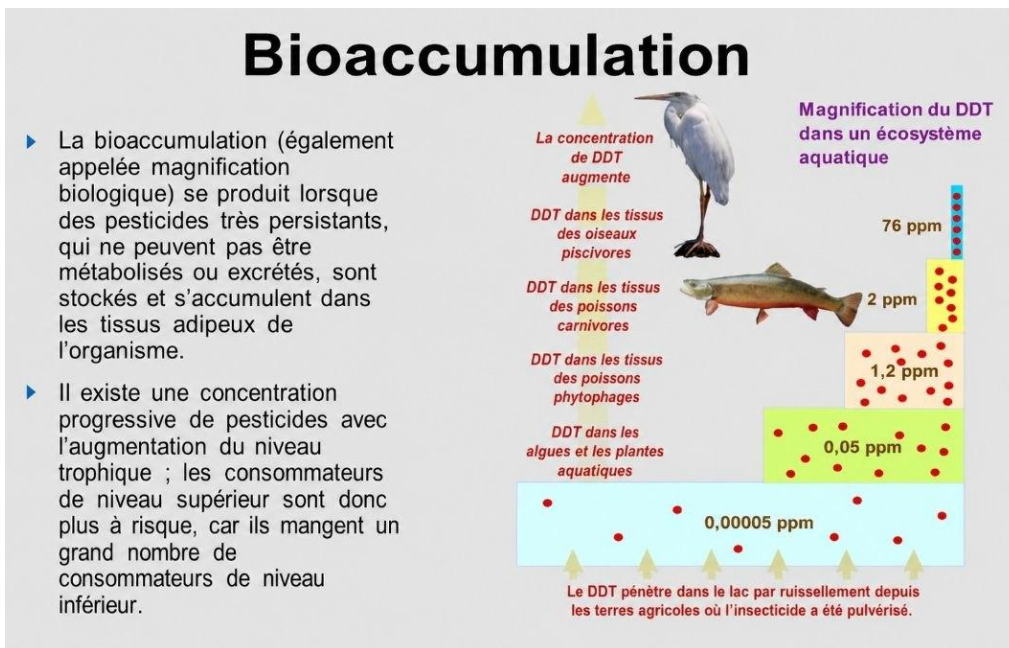


Figure 12:Bioaccumulation Des DDT En Ecosystème Aquatique. (Brooks/Cole, Thomson Learning, 2002).

Matériel et Méthode

Matériel et Méthode:

L'introduction des pesticides dans l'agriculture a, de manière générale, permis d'améliorer les rendements agricoles. Toutefois, cette question suscite de nombreuses préoccupations, principalement liées à leur toxicité et à leurs effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Dans le cadre de l'évaluation des risques liés à l'utilisation des produits agricoles, nous avons réalisé une enquête auprès des agriculteurs, des vendeurs de pesticides et de produits agricoles, ainsi que de la DSA et SRPV dans la wilaya d'El Tarf, dans différentes régions.

Présentation de la zone d'étude:

1.1. Situation géographique:

La wilaya d'El Tarf est une zone agricole située à l'extrême nord-est de l'Algérie, la wilaya d'El Tarf est comprise entre les parallèles 36°23'25" et 36°57'7" de latitude Nord et 7°39'49" et 8°40'52" de longitude Est. D'une superficie de 2912,65 Km² et abritant une population de l'ordre de 481136 habitants en 2022 et composée de 7 daïras (El- Tarf, El-Kala, Ben M'hidi, Besbes, Dréan, Bouhadjar et Bouteldja) et 24 communes, le territoire de cette wilaya est délimité comme suit:

- À l'Est par la frontière Algéro-tunisienne.
- À l'Ouest et au Nord-ouest par les wilayas de Annaba.
- À l'Ouest et au Sud-Ouest par la wilaya de Guelma.
- Au sud par la wilaya de Souk Ahras,
- Au nord par la mer Méditerranée.

1.2. Hydrographique:

Le réseau hydrographique de la wilaya d'El Tarf est très singulier par rapport au reste des régions telliennes, il se distingue par la présence d'un grand nombre de lacs et de marécages développés sur la partie basse de cette wilaya (Mezbour, 2018). La zone étudiée est située entre deux bassins versants; Oued Seybouse et Oued El kebir Est, mais 90% du terrain représente le bassin versant El kebir Est, qui draine la totalité des eaux superficielles de la wilaya d'El Tarf, sauf la partie du nord de la ligne des partages des eaux, qui s'écoule vers la mer méditerranée (Bahroun, 2007).

1.3. Les caractéristiques climatiques:

Le climat de la Wilaya est du type méditerranéen, humide en Hiver, chaud en été; et la pluviométrie varie entre 650 et 1000 mm/an, la température moyenne varie entre 14° et 34°. La saison chaude dure 3,0 mois, du 18 juin au 18 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 29 °C. Le mois le plus chaud de l'année à El Tarf est août, avec une température moyenne maximale de 32 °C et minimale de 21 °C. La

MATERIEL ET METHODE

saison fraîche dure 4,0 mois, du 26 novembre au 25 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. La probabilité de jours de précipitation à El Tarf varie au fil de l'année. La saison la plus pluvieuse dure environ 8,3 mois, du 8 septembre au 19 mai, avec une probabilité quotidienne de précipitation supérieure à 16%. Janvier est le mois comptant le plus grand nombre de jours de précipitation, avec une moyenne de 9,0 jours ayant au moins 1 millimètre de pluie. La saison la plus sèche s'étend sur environ 3,7 mois, du 19 mai au 8 septembre. Juillet est le mois le plus sec, avec une moyenne de seulement 1,1 jour de précipitation. El Tarf connaît des variations saisonnières extrêmes en ce qui concerne l'humidité perçue. La période la plus lourde de l'année dure 4,0 mois, du 11 juin au 11 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 15% du temps. La vitesse horaire moyenne du vent à El Tarf connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année. La période la plus venteuse de l'année dure 6,0 mois, du 1 novembre au 2 mai, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,3 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à El Tarf est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 16,9 kilomètres par heure .

Résultats

Résultats

I-Inventaire des insecticides dans la wilaya d'El tarf

1. Type d'Agriculteur de la wilaya d'El Tarf :

La figure 13 montre la répartition des types d'agriculteurs dans la wilaya d'El Tarf, on remarque que la production de la majorité est destinée à la vente et au marché. En revanche 43% de la production est principalement destinée à la consommation personnelle ou à une gestion indépendante.

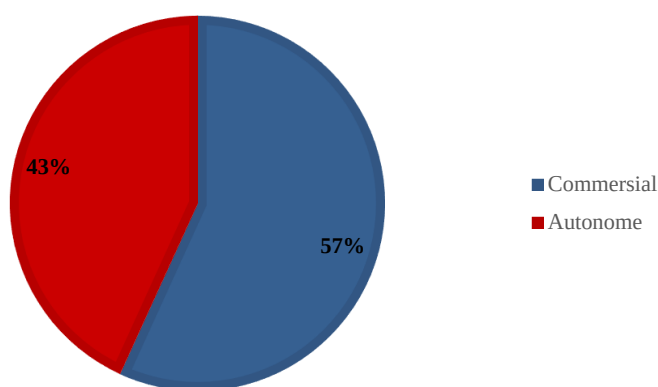


Figure13 : Type d'agriculteur de la région d'El Tarf

2. Type d'agriculture répandu dans la région d'El Tarf

L'histogramme illustre dans la figure 14 les diverses sortes de cultures couramment cultivées dans la wilaya d'El Tarf. Les données affichent une dominance significative des cultures de légumes et de fruits, qui affichent respectivement les taux les plus élevés. En revanche, les plantations d'agrumes, de céréales et d'olives sont bien moins abondantes.

LES RESULTATS

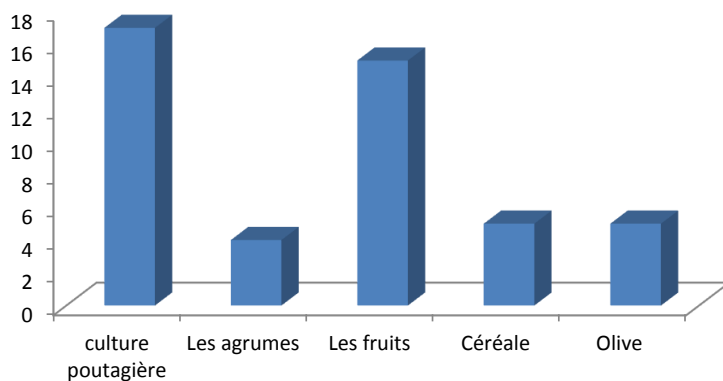


Figure 14 :Type d'agriculture répandu dans la wilaya d'El Tarf

3. Temps de traitement des cultures avec les pesticides

La figure 15 se réfère à la période d'emploi des pesticides dans le but de traiter les cultures. Elle souligne que la majorité des fermiers emploient les pesticides principalement 14 à 15 jours après la plantation, avec une utilisation marquée durant cette période spécifique.

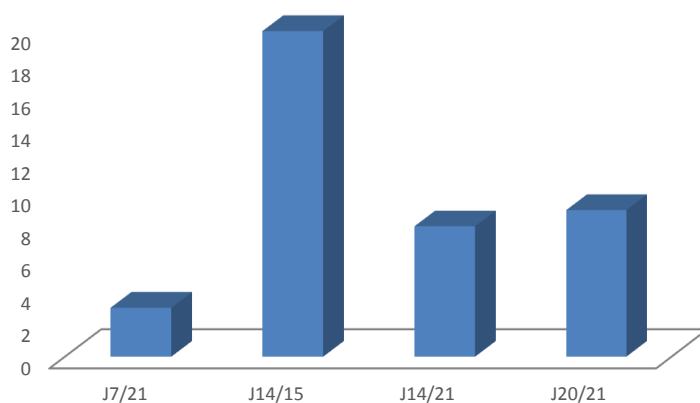


Figure 15 :Temps de traitement des cultures avec les différent pesticides

II-Traitement des données de la DSA

1. Différent type de pesticides dans la région d'El Tarf

La figure 16 représente la proportion relative des trois grandes familles de pesticides utilisées dans la wilaya d'El Tarf : les fongicides, les insecticides et les herbicides. On

LES RESULTATS

remarque une domination des fongicides suivit par les insecticides, les herbicides est la famille la moins représentée.

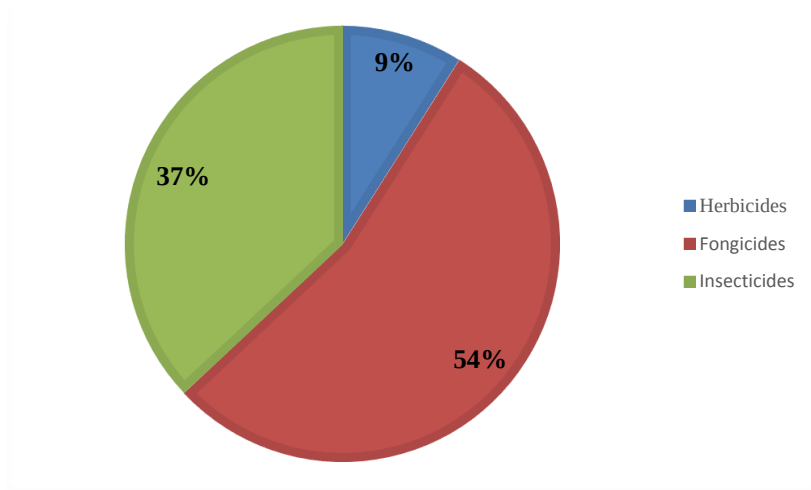


Figure 16 : Différent Types des pesticides utiliser dans la région d'El Tarf

2. Mode de pénétration des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Pour les trois histogrammes qui mettent en évidence les modes de pénétration des herbicides, fongicides et insecticides utilisés dans les cultures de la wilaya d'El Tarf, les données indiquent que la plupart des herbicides s'introduisent essentiellement par le biais du feuillage et des racines, alors que la pénétration à travers les tiges reste assez peu fréquente. En ce qui concerne les fongicides, l'application via les tiges semble être la méthode de pénétration la plus courante. Par contre, l'infiltration par les racines est très minime, alors que la méthode foliaire-racinaire montre un degré intermédiaire, reflétant une pénétration plus tempérée. Concernant les insecticides, la plupart des produits utilisés dans la wilaya d'El Tarf agissent par ingestion. À l'inverse, les insecticides dont le mode pénétration repose sur l'inhalation sont les moins utilisés. Les modes pénétration combinés ingestion/inhalation et ingestion/contact présentent des fréquences intermédiaires, indiquant une utilisation modérée par rapport aux autres catégories.

LES RESULTATS

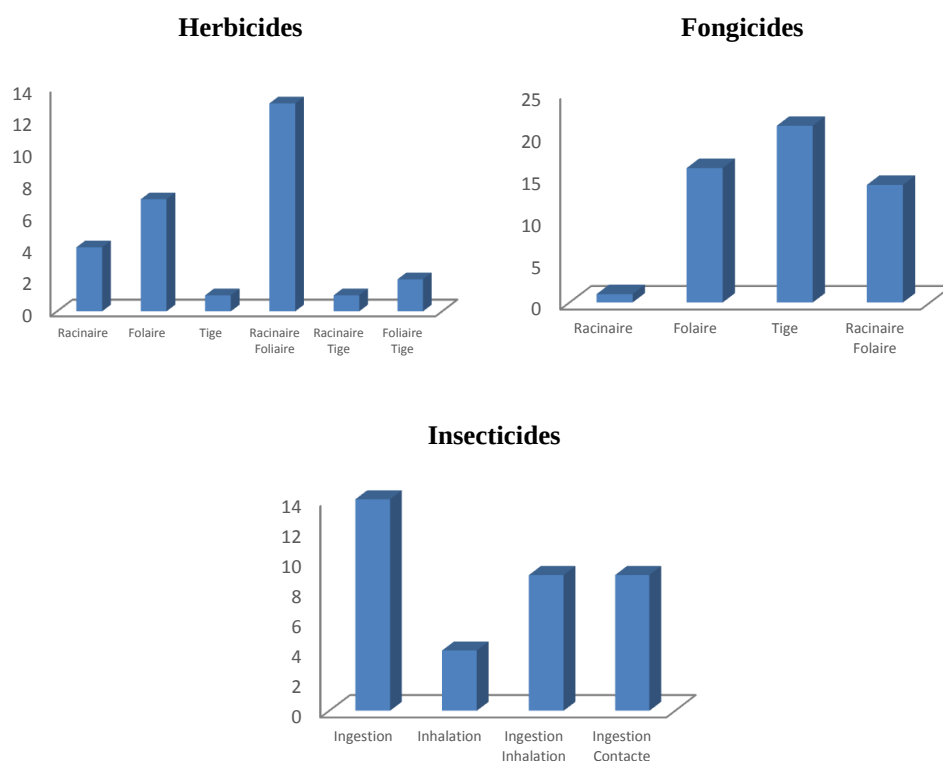


Figure 17 : Mode de pénétration des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

3. Types d'activité des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

Selon le relevé de la station régionale de protection des végétaux d'El Tarf, il apparaît que les agriculteurs favorisent l'utilisation des herbicides sélectifs/systémiques, alors que l'usage des herbicides de contact est moins courant. Par contre, les agriculteurs tendent à privilégier les catégories de fongicides à contact et systémiques plutôt que d'autres formes d'applications. Les insecticides appliqués dans la wilaya d'El Tarf se distinguent par leur puissante action sur le système nerveux des insectes. On observe une activité supplémentaire sur les processus de croissance et de développement, alors que les répercussions sur le métabolisme énergétique, l'activité musculaire, le système digestif et le système respiratoire restent assez minimes.

LES RESULTATS

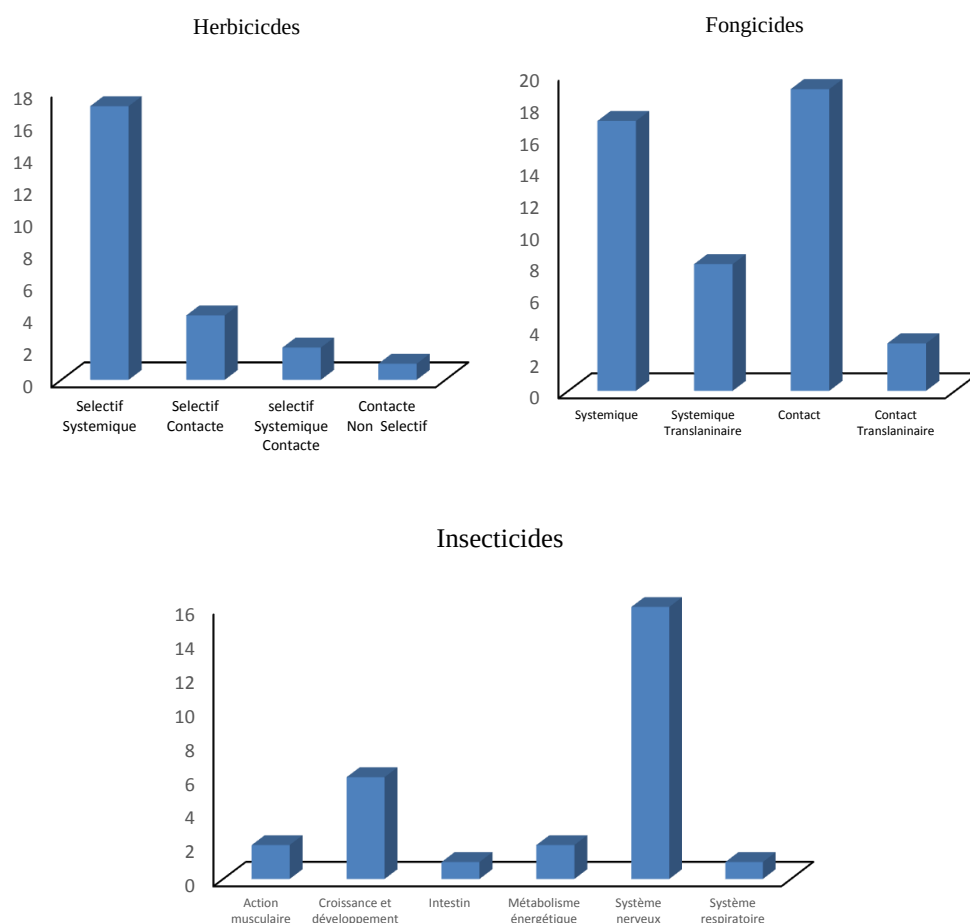


Figure 18 : Types d'activité des pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

4. Les pesticides les plus utiliser dans la wilaya d'El Tarf

L'étude des histogrammes montre une prépondérance des fongicides parmi les pesticides employés dans la wilaya d'El Tarf, avec 51 substances actives recensées, comparativement aux 37 insecticides et 31 herbicides. Les fongicides les plus utilisés comprennent l'Azoxystrobine, le cuivre et l'oxychlorure de cuivre. Avec 37 ingrédients actifs, les insecticides constituent le deuxième groupe de pesticides le plus fréquemment employé. Les produits les plus consommés sont la Deltaméthrine et l'Imidaclopride. Les herbicides, qui comprennent 31 substances actives, forment le groupe le moins représenté. L'oxyfluorène, la métribuzine et le 2,4-D sont les produits les plus utilisés.

LES RESULTATS

5. Les effets secondaires des pesticides sur des organismes non visés

L'examen des histogrammes révèle des variations notables dans les profils écotoxicologiques des trois principales classes de pesticides (herbicides, fongicides et insecticides) en ce qui concerne les organismes non ciblés tels que les poissons, les abeilles et les oiseaux. Les herbicides ont une toxicité plutôt sélective. Les informations indiquent que leur toxicité est généralement forte à modérée pour les poissons, alors qu'elle reste majoritairement faible pour les abeilles et les oiseaux. Le profil des fongicides se caractérise par une asymétrie écotoxicologique très marquée. Les poissons présentent une toxicité notable, tandis que chez les abeilles et les oiseaux, elle demeure faible ou même insignifiante. Parmi les trois catégories examinées, les insecticides sont ceux qui présentent le profil de toxicité le plus inquiétant. L'histogramme indique un niveau important de toxicité affectant conjointement les poissons et les abeilles, deux groupes spécifiquement réceptifs à ces composés.

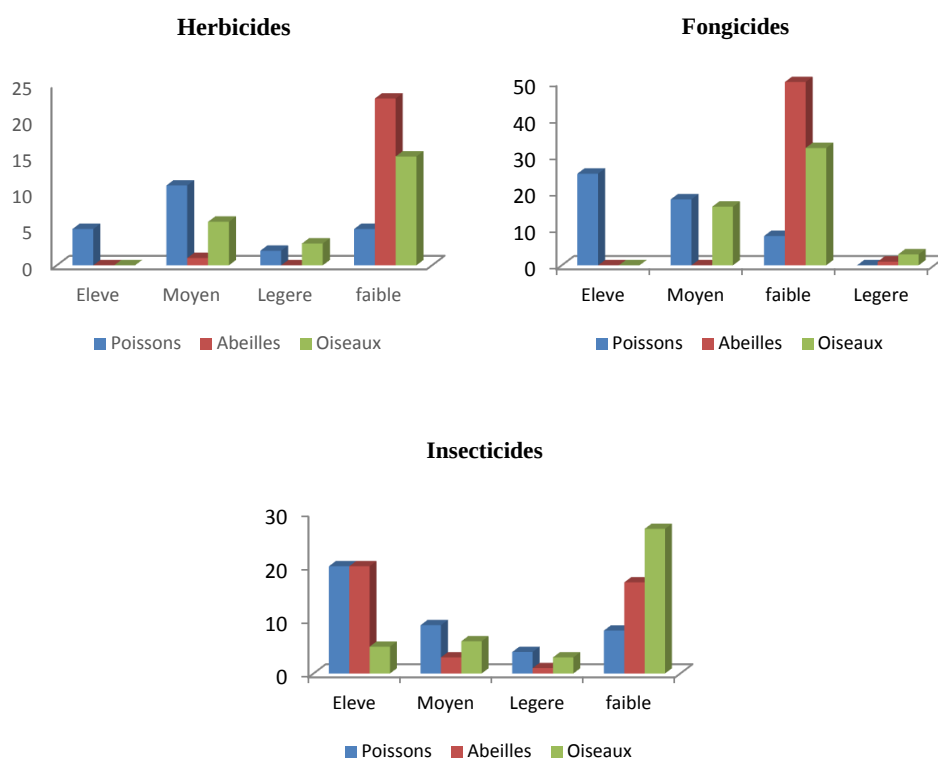


Figure 20 : Les effets secondaires des pesticides utilisés dans la wilaya d'El Tarf sur d'autres organismes non visés.

LES RESULTATS

6. Toxicité aigüe par les pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

La Figure 21 souligne une distribution marquée des niveaux de toxicité au sein des diverses familles de pesticides analysées. Les classes de toxicité faible à modérée sont majoritairement occupées par les herbicides, tandis que les substances à toxicité élevée sont rares. La plupart des fongicides se classent dans la catégorie de toxicité intermédiaire, suivie par la catégorie de faible toxicité. Les niveaux de toxicité extrêmes y sont peu représentés. Cette répartition indique une prépondérance de composés ayant un risque de toxicité intermédiaire. Les insecticides se caractérisent par une concentration significative de substances classées comme hautement toxiques, mais aussi par une présence notable de substances classées comme peu toxiques.

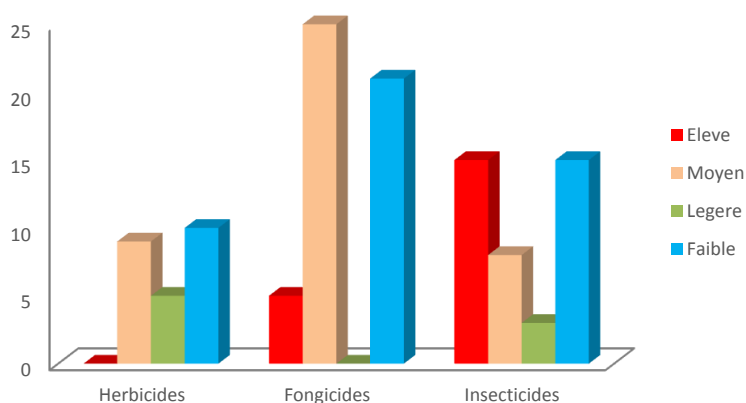


Figure 21 : Toxicité aigüe par les pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

7. Toxicité chronique par les pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

L'histogramme met en évidence des différences significatives dans les profils de toxicité chronique des pesticides utilisés dans la wilaya d'El Tarf. Les insecticides sont principalement associés à des effets neurotoxiques en raison de leur action sur le système nerveux, ce qui traduit un risque important pour les organismes exposés. Les fongicides se distinguent par leur potentiel à perturber les fonctions reproductrices et endocriniennes, ainsi que par la présence d'effets cancérogènes, suggérant un impact systémique à long terme. Les herbicides sont majoritairement liés à des effets irritatifs, mais certains

LES RESULTATS

présentent également des risques cancérogènes et endocriniens. Ces résultats soulignent la nécessité d'une surveillance toxicologique adaptée à chaque classe de pesticides.

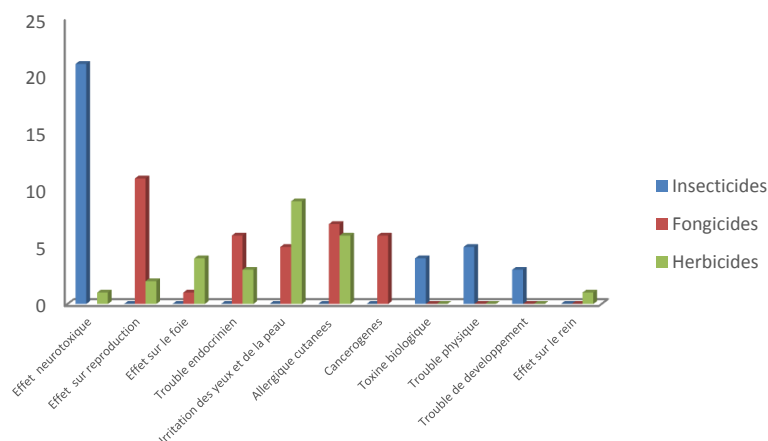


Figure 22 : Toxicité chronique par les pesticides utiliser dans la wilaya d'El Tarf

6. Répartition des pesticides utilisés à El Tarf selon leur capacité de bioaccumulation dans les organismes et les compartiments environnementaux.

Le diagramme circulaire révèle une prédominance des pesticides ne présentant pas de potentiel de bioaccumulation au sein des substances recensées dans la wilaya d'El Tarf. Toutefois, une proportion importante de pesticides possède des propriétés bioaccumulatives, traduisant leur capacité à s'accumuler dans les tissus biologiques après des expositions répétées.

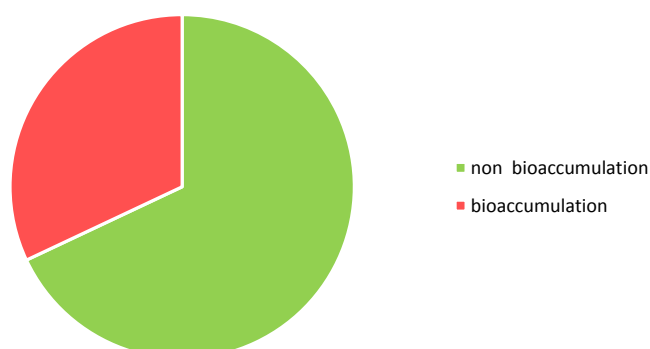


Figure 23 : Répartition des pesticides utilisés dans la region d'El Tarf selon leur capacité de bioaccumulation dans les organismes et les compartiments environnementaux.

LES RESULTATS

7. Répartition des niveaux de bioaccumulation des herbicides, fongicides et insecticides dans la wilaya d'El Tarf

L'histogramme présente la distribution des niveaux de bioaccumulation (élevé, moyen, faible et nul) pour trois grandes familles de pesticides dans la wilaya d'El Tarf. Les résultats montrent que les herbicides sont majoritairement caractérisés par un faible potentiel de bioaccumulation, avec une dominance de la classe "faible" et une présence limitée des catégories "élevée" et "moyenne". Cela indique que la plupart des herbicides utilisés ont une tendance réduite à s'accumuler dans les organismes vivants. Les fongicides présentent une distribution plus équilibrée, avec des niveaux de bioaccumulation allant du faible au moyen, mais aussi une proportion non négligeable de substances à bioaccumulation élevée. Cela suggère une variabilité importante des propriétés écotoxicologiques au sein de cette famille. Concernant les insecticides, on observe une présence plus marquée des niveaux élevés et faibles, avec une proportion importante de substances à forte capacité de bioaccumulation. Cette situation est écologiquement plus préoccupante, car elle peut favoriser l'accumulation progressive dans les chaînes alimentaires. Dans l'ensemble, l'histogramme indique que le potentiel de bioaccumulation varie fortement selon les familles de pesticides, avec une sensibilité particulière des insecticides, tandis que les herbicides apparaissent globalement moins persistants dans les organismes.

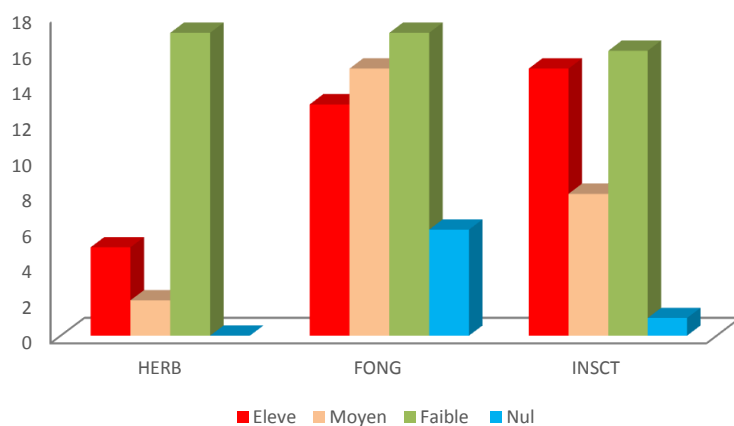


Figure 24. Répartition des niveaux de bioaccumulation des herbicides, fongicides et insecticides dans la wilaya d'El Tarf

Discussion

DISCUSSION

Discussion

La majorité des agriculteurs de la wilaya d'El Tarf orientent leur production vers la vente et l'approvisionnement du marché, tandis que des exploitants produisent principalement pour l'autoconsommation ou dans le cadre d'une gestion familiale. Cette répartition traduit la coexistence de deux modèles agricoles : une agriculture commerciale intégrée aux circuits de commercialisation et une agriculture familiale davantage orientée vers la satisfaction des besoins du ménage. Ce résultat est cohérent avec les observations récentes sur l'agriculture algérienne, où les exploitations familiales continuent d'occuper une place prépondérante dans le tissu agricole national et jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire des ménages ruraux. Les travaux menés par la FAO, le CIHEAM et l'INRAA soulignent que la petite agriculture familiale demeure dominante en Algérie et contribue à la résilience économique et sociale des territoires ruraux (FAO, CIHEAM & INRAA, 2021). Par ailleurs, les politiques agricoles récentes encouragent une meilleure intégration des producteurs aux marchés à travers le développement des filières stratégiques, le soutien à l'investissement agricole et la modernisation des exploitations, ce qui explique l'importance de la production destinée à la commercialisation observée dans la wilaya d'El Tarf (FAO, 2025). Ainsi, les résultats obtenus reflètent une transition progressive vers une agriculture plus marchande tout en maintenant une proportion significative d'exploitations familiales dont l'objectif principal demeure l'autoconsommation et la sécurité alimentaire du ménage.

Les cultures maraîchères et fruitières, qui enregistrent les proportions les plus élevées parmi les exploitations enquêtées. Cette situation s'explique par les conditions pédoclimatiques favorables de la région, caractérisées par des sols fertiles, des ressources hydriques relativement abondantes et un climat propice à la diversification agricole. La wilaya d'El Tarf est en effet reconnue comme l'une des principales zones de production maraîchère du nord-est algérien, notamment pour la tomate industrielle, les légumes de saison et certaines cultures fruitières à forte valeur ajoutée. Selon les statistiques récentes du ministère de l'Agriculture, du Développement rural et de la Pêche, les filières maraîchères occupent une place stratégique dans la production agricole nationale et contribuent fortement à l'approvisionnement des marchés locaux et régionaux (MADR, 2024). À l'inverse, les cultures d'agrumes, de céréales et d'oliviers apparaissent moins représentées dans l'échantillon étudié. Cette faible présence peut être liée à des contraintes foncières, à la rentabilité économique relativement plus faible de certaines de ces spéculations ou encore à l'orientation des agriculteurs vers des productions

DISCUSSION

offrant des revenus plus rapides et plus élevés. Ces résultats concordent avec les tendances observées dans plusieurs régions agricoles du nord de l'Algérie, où les cultures maraîchères et fruitières connaissent une expansion progressive au détriment des systèmes de culture extensifs traditionnels tels que les céréales (FAO, 2023 ; INRAA, 2024).

La période d'utilisation des pesticides pour le traitement des cultures dans la wilaya d'El Tarf, la majorité des agriculteurs appliquent les pesticides principalement entre le 14^e et le 15^e jour après la plantation. Cette période correspond généralement à une phase sensible du développement des cultures, caractérisée par une croissance végétative active et une plus grande vulnérabilité aux attaques de ravageurs, de maladies et d'adventices. Selon les principes de la protection intégrée des cultures, les interventions phytosanitaires réalisées au cours des premières semaines après la plantation permettent de limiter les pertes de rendement et de préserver la qualité des productions agricoles (FAO, 2023). De même, les travaux de Popp et al. (2013) soulignent que les pesticides demeurent un outil largement utilisé pour assurer la protection des cultures contre les bioagresseurs, particulièrement durant les premiers stades de croissance où les dommages peuvent avoir des conséquences importantes sur la productivité finale. La forte concentration des traitements observée entre le 14^e et le 15^e jour peut également être liée aux recommandations techniques appliquées dans les cultures maraîchères, qui préconisent souvent des interventions préventives ou curatives précoces afin de réduire la propagation des maladies et des insectes nuisibles (Matthews et al., 2014). Cette pratique est particulièrement fréquente dans les régions à forte intensification agricole, où les agriculteurs cherchent à sécuriser leurs rendements et à répondre aux exigences du marché (Damalas&Koutroubas, 2016). Toutefois, plusieurs études récentes insistent sur l'importance d'une utilisation raisonnée des pesticides afin de réduire les risques environnementaux et sanitaires associés à leur usage excessif. À cet égard, la FAO (2024) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2023) recommandent de privilégier une gestion intégrée des ravageurs fondée sur la surveillance des parcelles, l'évaluation des seuils d'intervention et l'utilisation de méthodes alternatives lorsque cela est possible. Les résultats obtenus dans cette étude montrent ainsi que les agriculteurs d'El Tarf concentrent leurs traitements phytosanitaires à une étape jugée stratégique pour la protection des cultures, une pratique observée dans de nombreux systèmes agricoles intensifs à travers le monde (Pretty&Bharucha, 2015 ; FAO, 2024).

DISCUSSION

Les principales familles de pesticides utilisées par les agriculteurs de la wilaya d'El Tarf révèlent une prédominance des fongicides, suivis des insecticides, tandis que les herbicides constituent la catégorie la moins utilisée. Cette forte utilisation des fongicides peut s'expliquer par l'importance des cultures maraîchères et fruitières dans la région, lesquelles sont particulièrement exposées aux maladies fongiques favorisées par les conditions climatiques humides caractéristiques du nord-est algérien. Selon la FAO (2024), les maladies causées par les champignons figurent parmi les principales contraintes phytosanitaires affectant les cultures horticoles et peuvent entraîner des pertes importantes de rendement et de qualité si elles ne sont pas correctement maîtrisées. La deuxième position occupée par les insecticides traduit l'importance de la lutte contre les insectes ravageurs susceptibles d'affecter la croissance des plantes et la productivité agricole. Plusieurs études montrent que les ravageurs insectes sont responsables de pertes considérables dans les systèmes agricoles intensifs, ce qui explique le recours fréquent aux insecticides dans les exploitations agricoles (Popp et al., 2013 ; Damalas&Eleftherohorinos, 2011). Cette tendance a également été observée dans de nombreux pays méditerranéens où les cultures maraîchères nécessitent une protection phytosanitaire régulière contre les insectes nuisibles (Aktar et al., 2009). En revanche, la faible proportion des herbicides peut être liée à l'adoption de méthodes alternatives de lutte contre les adventices, telles que le désherbage mécanique ou manuel, notamment dans les petites exploitations familiales. Elle peut également s'expliquer par la nature des cultures dominantes dans la région, où les traitements fongicides et insecticides sont généralement considérés comme prioritaires pour préserver la qualité commerciale des productions. Des travaux récents soulignent que les pratiques phytosanitaires varient fortement selon les systèmes de culture, les conditions agroécologiques et les objectifs économiques des exploitants (FAO, 2023 ; Pretty&Bharucha, 2015). Ainsi, la prédominance des fongicides observée dans cette étude reflète l'importance accordée à la prévention et au contrôle des maladies cryptogamiques dans les exploitations agricoles de la wilaya d'El Tarf, tandis que l'usage plus limité des herbicides témoigne d'une pression relativement moindre des adventices ou du recours à d'autres techniques de gestion.

Les résultats montrent que les modes de pénétration des pesticides utilisés dans la wilaya d'El Tarf varient selon leur catégorie. Les herbicides pénètrent principalement par le feuillage et les racines, ce qui correspond à leur mode d'action systémique largement décrit dans la littérature (Shaner, 2014). Les fongicides sont majoritairement absorbés par les parties aériennes, notamment les tiges, en raison de leur rôle dans la lutte contre les maladies

DISCUSSION

fongiques affectant les organes végétatifs des plantes (Lucas et al., 2015). Quant aux insecticides, les produits agissant par ingestion sont les plus utilisés, tandis que ceux fonctionnant par inhalation sont peu représentés, ce qui reflète leur efficacité contre les insectes ravageurs des cultures (Casida et Durkin, 2013). Ces résultats montrent que le choix des pesticides et de leurs modes de pénétration est étroitement lié aux caractéristiques des bioagresseurs ciblés et aux besoins de protection des principales cultures de la région (FAO, 2023).

Les agriculteurs privilégient les herbicides sélectifs et systémiques, tandis que les herbicides de contact sont moins utilisés. Cette préférence s'explique par leur capacité à cibler spécifiquement les adventices tout en assurant une protection durable grâce à leur translocation dans les tissus végétaux (Shaner, 2014 ; Duke, 2018). Concernant les fongicides, les produits à contact et systémiques sont les plus employés, ce qui reflète la nécessité de combiner une protection préventive et curative contre les maladies fongiques affectant les cultures (Lucas et al., 2015 ; FRAC, 2024). Par ailleurs, les insecticides utilisés dans la wilaya d'El Tarf agissent principalement sur le système nerveux des insectes, un mode d'action reconnu pour son efficacité élevée dans la lutte contre les ravageurs agricoles (Sparks et al., 2021). Les effets sur la croissance et le développement des insectes sont également observés mais à un degré moindre, tandis que les actions ciblant le métabolisme énergétique, l'activité musculaire, le système digestif ou respiratoire restent relativement limitées. Ces résultats sont conformes aux tendances actuelles de la protection phytosanitaire, où les pesticides systémiques et neurotoxiques demeurent les plus utilisés en raison de leur efficacité et de leur large spectre d'action (FAO, 2023 ; Casida et Durkin, 2013).

La nette prédominance des fongicides parmi les pesticides utilisés dans la wilaya d'El Tarf, avec 51 substances actives recensées, contre 37 insecticides et 31 herbicides. Cette dominance des fongicides peut s'expliquer par la sensibilité des cultures locales, notamment maraîchères et fruitières, aux maladies cryptogamiques, ainsi que par les conditions climatiques favorables au développement des champignons pathogènes (FAO, 2023 ; Lucas et al., 2015). Parmi les fongicides les plus utilisés figurent l'azoxystrobine ainsi que les composés à base de cuivre, notamment le cuivre et l'oxychlorure de cuivre, largement reconnus pour leur efficacité préventive en agriculture (FRAC, 2024). Les insecticides constituent le deuxième groupe le plus représenté avec 37 substances actives. Les produits les plus employés sont la deltaméthrine et l'imidaclopride, deux molécules largement utilisées pour leur efficacité

DISCUSSION

contre un large spectre de ravageurs agricoles. Selon Casida et Durkin (2013), ces insecticides agissent principalement sur le système nerveux des insectes, ce qui explique leur forte adoption dans les systèmes agricoles intensifs. En revanche, les herbicides, avec 31 substances actives recensées, représentent le groupe le moins utilisé. Les molécules dominantes telles que l'oxyfluorène, la métribuzine et le 2,4-D sont principalement utilisées pour le contrôle des adventices dans différentes cultures. Cette moindre représentation peut être liée à l'adoption de pratiques alternatives de désherbage ou à la nature des systèmes de culture locaux (Shaner, 2014 ; Duke, 2018). Dans l'ensemble, ces résultats traduisent une orientation des pratiques phytosanitaires vers la protection contre les maladies fongiques, suivie de la lutte contre les insectes ravageurs, tandis que la gestion des adventices repose relativement moins sur les herbicides chimiques (FAO, 2023).

Les profils écotoxicologiques des trois principales classes de pesticides (herbicides, fongicides et insecticides) vis-à-vis des organismes non ciblés, notamment les poissons, les abeilles et les oiseaux. Les herbicides présentent globalement une toxicité sélective, avec des effets généralement modérés à élevés sur les poissons, tandis que leur impact sur les abeilles et les oiseaux reste faible à négligeable. Les fongicides se caractérisent par un profil écotoxicologique plus asymétrique, marqué par une toxicité notable pour les poissons, alors que les effets observés sur les abeilles et les oiseaux demeurent faibles ou quasi inexistantes. Enfin, les insecticides présentent le profil de toxicité le plus élevé, avec des impacts importants à la fois sur les poissons et les abeilles, deux groupes particulièrement sensibles à ces substances. Ces résultats confirment les différences bien établies dans la littérature concernant l'écotoxicité des pesticides et leur impact variable sur les organismes aquatiques et terrestres non ciblés (Aktar et al., 2009 ; Stehle & Schulz, 2015 ; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Les niveaux de toxicité au sein des différentes familles de pesticides met en évidence des profils distincts selon les classes étudiées. Les herbicides sont majoritairement représentés dans les catégories de toxicité faible à modérée, tandis que les substances à toxicité élevée y restent peu fréquentes. Cette tendance peut s'expliquer par la diversité des molécules utilisées, dont plusieurs sont conçues pour présenter une toxicité sélective vis-à-vis des plantes adventices tout en limitant les effets sur les autres organismes (Shaner, 2014). Les fongicides se concentrent principalement dans la classe de toxicité intermédiaire, suivie par celle de faible toxicité, alors que les niveaux extrêmes sont faiblement représentés, ce qui traduit une

DISCUSSION

dominance de composés présentant un risque écotoxicologique modéré (Lucas et al., 2015). En revanche, les insecticides présentent un profil plus contrasté, avec une proportion importante de substances hautement toxiques, mais également la présence de molécules classées comme peu toxiques. Cette variabilité reflète la diversité des modes d'action des insecticides et leur efficacité variable selon les cibles biologiques, notamment les insectes ravageurs (Casida& Durkin, 2013 ; Sparks et al., 2021). Dans l'ensemble, cette répartition indique une dominance des niveaux de toxicité intermédiaires, tout en soulignant la présence non négligeable de substances à toxicité élevée au sein des insecticides, ce qui mérite une attention particulière dans une perspective de gestion raisonnée des pesticides (FAO, 2023 ; Stehle& Schulz, 2015).

Les profils de toxicité chronique des pesticides utilisés dans la wilaya d'El Tarfmet en évidence des différences notables selon les trois principales familles. Les insecticides sont principalement associés à des effets neurotoxiques, liés à leur action ciblant le système nerveux des organismes exposés, ce qui constitue un risque élevé en cas d'exposition prolongée (Casida& Durkin, 2013 ; Sparks et al., 2021). Les fongicides se distinguent par leur potentiel à perturber les fonctions reproductrices et endocriniennes, ainsi que par la présence d'effets cancérogènes pour certaines substances, indiquant des impacts systémiques susceptibles de se manifester à long terme (WHO, 2010 ; IARC, 2015). Les herbicides, quant à eux, sont majoritairement associés à des effets irritatifs, bien que certaines molécules soient également suspectées de présenter des risques cancérogènes et des perturbations endocriniennes (Myers et al., 2016 ; FAO, 2023). Ces résultats soulignent ainsi la diversité des effets chroniques selon les familles de pesticides et mettent en évidence la nécessité d'une surveillance toxicologique différenciée et adaptée à chaque catégorie de produits afin de mieux évaluer et réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement.

La répartition du potentiel de bioaccumulation des pesticides recensés dans la wilaya d'El Tarf. Les résultats montrent une prédominance des substances ne présentant pas de capacité de bioaccumulation, indiquant que la majorité des molécules utilisées ont une faible tendance à s'accumuler dans les tissus biologiques. Toutefois, une proportion non négligeable de pesticides possède des propriétés bioaccumulatives, ce qui traduit leur capacité à s'accumuler progressivement dans les organismes vivants lors d'expositions répétées. Ce phénomène est largement documenté dans la littérature scientifique, notamment pour certaines familles de pesticides persistants, susceptibles de s'accumuler dans les chaînes trophiques et d'entraîner des effets écotoxicologiques à long terme (Mackay & Fraser, 2000 ; Jones & de Voogt, 1999 ;

DISCUSSION

UNEP, 2013). Ces résultats soulignent ainsi l'importance d'une évaluation attentive des substances bioaccumulatives dans les stratégies de gestion des risques environnementaux liés à l'usage des pesticides.

Le potentiel de bioaccumulation des pesticides dans la wilaya d'El Tarf montre une dominance globale des substances à faible capacité d'accumulation, suivies de composés à bioaccumulation moyenne, tandis que les substances fortement bioaccumulatives restent relativement limitées. Cette distribution est cohérente avec les tendances observées dans les études récentes, qui indiquent que le potentiel de bioaccumulation dépend fortement des propriétés physico-chimiques des molécules, notamment leur lipophilie, leur persistance et leur stabilité dans les milieux naturels (Tison et al., 2024 ; Sarker et al., 2024). Les herbicides, majoritairement classés dans les niveaux de bioaccumulation faible à nul, présentent généralement une faible tendance à l'accumulation dans les organismes vivants, ce qui est lié à leur dégradation relativement rapide et à leur moindre affinité pour les tissus lipidiques (Li et al., 2024). À l'inverse, les insecticides montrent une proportion plus importante de substances à bioaccumulation élevée, ce qui constitue un risque écologique plus important, notamment en raison de leur transfert dans les chaînes trophiques et leur accumulation dans les organismes non cibles (Tison et al., 2024). Plusieurs travaux récents confirment que certains insecticides, notamment les néonicotinoïdes et les composés neurotoxiques, peuvent persister dans les écosystèmes et se biomagnifier à travers les réseaux alimentaires (Jeyaseelan et al., 2024 ; UNEP, 2023). Les fongicides occupent une position intermédiaire, avec une répartition équilibrée entre les classes faible et moyenne de bioaccumulation. Cette variabilité reflète la diversité des molécules utilisées, certaines étant peu persistantes tandis que d'autres présentent une stabilité plus élevée dans les sols et les eaux (Kaur et al., 2023). De manière générale, les études récentes soulignent que la bioaccumulation des pesticides constitue un facteur déterminant dans l'évaluation des risques écotoxicologiques, en particulier pour les organismes aquatiques et les niveaux trophiques supérieurs (Li et al., 2024 ; UNEP, 2023). Ainsi, les résultats obtenus dans cette étude s'inscrivent dans les tendances globales décrites dans la littérature récente, montrant que les insecticides représentent la classe la plus préoccupante en termes de bioaccumulation, tandis que les herbicides apparaissent globalement moins persistants et moins susceptibles de s'accumuler dans les organismes vivants.

Conclusion

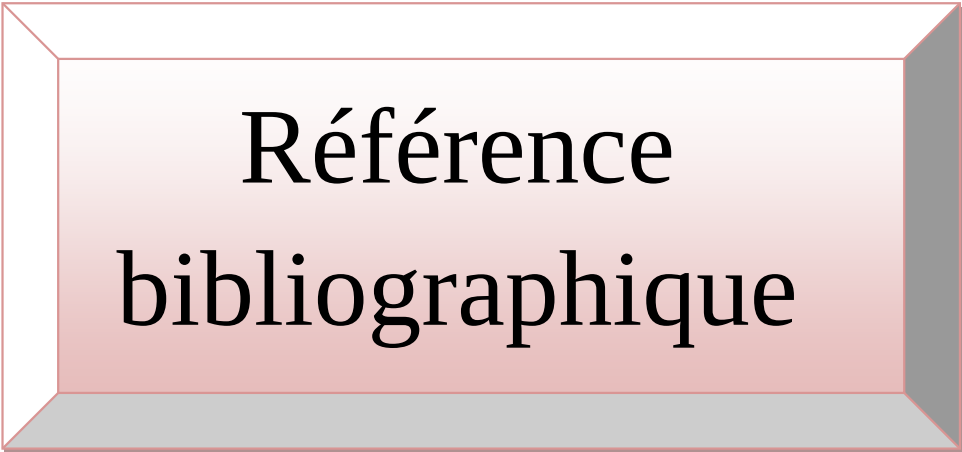
CONCLUTION

Conclusion

Notre étude réalisée sur les pesticides commercialisés dans la wilaya d'El Tarf a permis d'évaluer leur niveau de toxicité, leur persistance dans l'environnement, leur potentiel de bioaccumulation ainsi que les risques qu'ils représentent pour la santé humaine et les écosystèmes. Malgré leur rôle essentiel dans la protection des cultures et l'amélioration des rendements agricoles, ces substances peuvent engendrer des impacts négatifs nécessitant une utilisation raisonnée et un encadrement rigoureux. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- Les fongicides constituent la catégorie de pesticides la plus utilisée dans la wilaya d'El Tarf.
- Les fongicides, les herbicides et les insecticides présentent des effets sur de nombreux organismes non ciblés, notamment les organismes aquatiques. Leur toxicité aiguë varie selon les groupes de pesticides : elle est généralement faible pour les herbicides, mais plus élevée pour les fongicides et les insecticides.
- Les pesticides peuvent engendrer divers effets néfastes sur la santé humaine, notamment des troubles de la reproduction, des atteintes du système nerveux central, des perturbations endocriniennes, des irritations cutanées et oculaires, des allergies ainsi que des effets toxiques sur le foie.
- Les herbicides et les fongicides utilisés dans la région présentent un potentiel de bioaccumulation, contrairement aux insecticides étudiés.
- L'évaluation des matières actives a mis en évidence différents niveaux de dangerosité. Parmi les herbicides, l'Oxyfluorène, la Métribuzine et le 2,4-D ont été classés comme dangereux, tandis que le Dicamba, le Clodinafop-propargyl + Cloquintocet-mexyl, l'Ethofumesate et le Florasulam présentent un risque modéré.
- Parmi les fongicides, l'Azoxystrobine, les composés à base de cuivre, le Tébuconazole et le Thiophanate figurent parmi les substances les plus préoccupantes, alors que d'autres présentent un niveau de risque modéré ou faible dans les conditions normales d'utilisation. Les insecticides étudiés présentent globalement des niveaux de risque comparables, caractérisés par une toxicité aiguë souvent élevée pour les organismes non ciblés.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance d'une gestion durable et raisonnée des pesticides afin de réduire leurs impacts sur la santé humaine et l'environnement tout en maintenant leur efficacité agronomique.



Référence bibliographique

Référence bibliographique

- Aiche, M. (2017). Impact d'un mélange de pesticides sur quelques Paramètres physiologiques et sur la santé cellulaire. Thèse de doctorat. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA.
- Aimeur, N. (2017). Effet des pesticides sur la microflore des eaux dans la région du Nord Est algérien. Biodégradation par les souches isolées [Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba, Faculté des Sciences, Département de Biologie].
- Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12.
- Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12.
- Ayadi, F. Z., & Merabet, S. (2020). Biodégradation des pesticides par la microflore du sol [Mémoire de Master, Université de Tlemcen].
- BALDI I., CORDIER S., COUMOUL X., ELBAZ A., GAMET-PAYRASTRE L., LEBAILLY P., MULTIGNER L., RAHMANI R., SPINOSI J., MAELE-FABRY G. 2013. Pesticides: Effets sur la santé, rapport de recherche, institue national de la santé et de recherche médicale (INSERM), Paris, Edition EDP science (ISSN: 1264-1782), 1014p.
- BARFORD W. A., TRUDEAU V. L. & MOON T. W. 2005. Pesticide-induced alterations in fish muscular tissue and endocrine disruption, *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 41, no. 2, pp. 312-321
- Batsch D (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy 1, France, 165p.
- Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E., & Gabrielle, B. (2002). Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview. *Agronomie*, 22(1), 21-33..
- BELAZE Abdelhakim, (2015) Effet des pesticides sur les deux composantes de l'environnement (sol, eau) responsables de leur transfert le long de la chaîne alimentaire. Biodégradation d'un fongicide et d'un herbicide par la flore microbienne isolée, THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT.
- Blanchard, N., & Barras, A. V. (2008). Processus de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les eaux souterraines en Martinique: Rapport de phase 1 (BRGM/RP-55955-FR). Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).
- BOATMAN N. D., GOSLING J. P. & RAMWELL C. 2014. Quantifying the environmental impacts of the campaign for the farmed environment, final report for Defra, Food and Environment Research Agency-UK
- Bohlen P. J., 2002. Earthworms, *Encyclopedia of Soil Science*, 370-373. IN Mokhtari M., 2017, Recherche des résidus de pesticides appartenant à quelques groupes chimiques de pesticides dans les fruits et légumes récoltés en Mitidja

- Boland J., Koomen I., Jeude J.L. et Oudejans J. (2004) Les pesticides: composition, utilisation et risques. Fondation Agromisa, Wageningen, Agrodok 29, ISBN: 90-77073-01-9, 124p.
- Boumaza, A. (2017). Étude analytique et épidémiologique de la toxicité des pesticides utilisés dans l'Est Algérien [Thèse de Doctorat en Sciences, Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie Animale, Option: Toxicologie Cellulaire]
- Bouvier G. (2005): Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides. Thèse Doctorale, Université René Descartes, France; 220p.
- Bouziani, M. (2007). L'usage immodéré des pesticides: De graves conséquences sanitaires Epidémiologiste. Faculté De Médecine d'Oran.
- Bouzouina, B., & Benassas, D. (2022). Inventaire des pesticides vendus au niveau des magasins de la Wilaya d'Ain Témouchent [Mémoire de Master, Université d'Ain Témouchent - Belhadj Bouchaib].
- CALVET R., BARRIUSO E., BEDOS C., BENOIT P., CHARNAY M-P et COQUET Y., CATHERINE-REGNAULT R. 2005. Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, Edition TEC et DOC, p174-175, p246, p249.
- Casida, J. E., & Durkin, K. A. (2013). Neuroactive insecticides: Targets, selectivity, resistance and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58, 99-117.
- CATHERINE-REGNAULT R. 2005. Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, Edition TEC et DOC, p174-175, p246, p249.
- Chorfi Z. 1982: toxicologie des pesticides mémoire présente en vue de l'obtention du diplôme d'études supérieures en Biologie animale université de Constantine. Institut des sciences biologiques. P 34-31.
- Classification. In: Toxicologie Maroc. Rés Alia, 8, rue Essanaani Maroc, pp.3.
- COOPER K. (1991). Effects of pesticides on wildlife. In W.J. HAYES & R.R. LAWS :
- CPP, 2002. Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Comité de la Prévention et de la Protection.
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
- Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2016). Farmers' exposure to pesticides: Toxicity types and ways of prevention. *Toxics*, 4(1), 1.
- DEBBACHE, M. MERGHID, M., et FOUGHALI, I., 2017. Impacts des pesticides utilisés dans la plasticulture sur la santé humaine En Algérie Etude de cas la wilaya de Constantine. Mémoire de master: Département de biologie. Constantine. 114p.
- Descote j. 1992: les urgences toxicologie. Edition maloine. P 341-347-345.
- Devault, D. (2007). Approche spatio-temporelle de la contamination par les herbicides de prélevée du biotope de la Garonne Moyenne. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse.

- DI GERONIMO, S. I (1987). Les effets de la pollution sur les peuplements benthiques de substrats rocheux du port d'Angusta. In papers presented at the FAO/UNEP meeting on the effects of pollution on marine ecosystems, Spain, October, 1985, p. 64-75.
- DOROTHEE. 2011. L'impact des pesticides sur la santé humaine, thèse d'état de docteur en pharmacie, université Henri Poincaré-Nancy, p48.
- Duke, S. O. (2018). The history and current status of glyphosate. *Pest Management Science*, 74(5), 1027-1034.
- El bakouri, H. 2003. Etude de l'adsorption de l'endosulfan sur certaines matrices végétales.
- EL KHANSA, Y., 2016. Effet de certains perturbateurs endocriniens (pesticides) sur la reproduction chez le rat Wistar. Thèse de doctorat: Biologie animale environnementale. Annaba. 173p.
- ELBAKOURI H. Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par Utilisation des Substances Organique Naturelles (S.O.N). Thèse de Doctorat, Université EbdelmalekEssaadi, Tanger, 2006, 200 p.
- Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement Catherine Regnault-Roger coord. Avec la collaboration de Gérard Fabres et Bernard J.R. Philogène 11, rue Lavoisier f-7500a Paris
- ERRAMI M. 2012. Devenir atmosphériques de buprimate et transfert de ses métabolites (les diazines) dans l'atmosphère, sa dissipation dans les fruits de tomate et sa dégradation électrochimique, Thèse en co-tutelle, Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR, p230.
- FAO, CIHEAM-IAMM & INRAA. (2021). L'agriculture familiale à petite échelle au Proche-Orient et en Afrique du Nord : Focus sur l'Algérie.
- FAO. (2023). Guidelines on Integrated Pest Management. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2023). Integrated Pest Management Guidelines. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2023). Profil agricole de l'Algérie et développement des filières végétales.
- FAO. (2024). Integrated Pest Management and Sustainable Crop Protection. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2025). Cadre de Programmation par Pays 2023-2027 : FAO en Algérie.
- FAOSTAT, (2019). Pesticides Use statistic. Available online at <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP> (accessed 23 october 2019).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2003). International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides (Revised version). FAO.
- FORGACZ C. 2011. Élaboration de polymères macroporeux à empreintes moléculaires pour la reconnaissance de pesticides de la famille des urées, thèse de doctorat, Université Bordeaux 1-France.
- Fournier, E et Bonderf, J. (1983). Les produits antiparasitaires à usage agricole. Paris: La
- FRAC. (2024). Fungicide Mode of Action Classification Scheme.
- Frank. Lu. 1991: toxicologie. 2eme Edition, Paris- Milano- Barcelona p277

- Garrie, J. (2010). La consommation des eaux superficielles par les produits phytosanitaires : Effets sur le milieu aquatique. HAL. Sciences
- Guezal, A.. (2018). Prédiction de risque de transfert des pesticides vers l'agroenvironnement saharien de cultures maraîchères (Mémoire de Master académique en Sciences Biologiques, Spécialité: La Biodiversité et Environnement). Université EchahidHamma Lakhdar El-Oued, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- Guigon-Moreau, E. (2006). Transferts des pesticides vers les eaux superficielles et l'atmosphère: caractérisation et modélisation sur le bassin versant de la Vesle. Thèse de doctorat, université Paris 6. France. 251p.
- Handbook of Pesticide Toxicology. AcademicPress, San Diego, CA, USA, 463-496.
- HAYO, M. et VAN DER WERF, G., 1997. Évaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courrier l'environnement l'INRA. 1-20p.
- HELANDER M., SALONIEMI I. & SAIKKONEN K. 2012. Glyphosate in northernecosystems, Trends in Plant Science, vol. 17, n° 10, pp. 569-574. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Idrissi M., Aït Daoud N. et Soulaymani B R. (2010) Les pesticides ; définition, classification et données en toxicovigilance. Rapport de toxicologie N°4, Publication officielle du Laboratoire du Centre Anti Poison du Maroc : Fonctionnement et utilité. 16p.
- Idrissi. M, Aït Daoud. N et SoulaymaniBencheikh. R, 2010. Pesticides, Définition et
- INRAA. (2025). Rapport sur la petite agriculture familiale en Algérie.
- Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (2024). Rapport sur l'évolution des systèmes de production agricole en Algérie.
- Ishaaya I., & Horowitz A. R. (1998). Insecticides with novel modes of action : an overview. Insecticides with novel modes of action : mechanisms and application, 1-24.
- Jeyaseelan, A. et al. (2024). Impact of herbicides and insecticides on microbial communities. Environmental Research.
- JO. 1995. Loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire, Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, n° 42, Algiers_Algerie
- Joffin CH, 1998: Microbiologie alimentaire. 5eme Edition. P27
- KADER A. 2002. Les modes d'action des fongicides et la résistance des champignons, Phytoma : La Défense des Végétaux, n° 552, pp. 12
- Kheddam, B. N. (2012). Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherche d'une méthode de lutte alternative contre *Meloidogyne incognita* Nematoda : Meloidogynidae. MÉMOIRE de Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique ELHarrach -Alger, Algérie.
- Khiri, H., & Alem, A. (2020). Enquête sur l'utilisation et la commercialisation des produits phytosanitaires dans la région d'El Asnam (Bouira). p 3-4. Mémoire Master 2 en Biodiversité et Environnement, Université aklimohandoulhadjbouira, Algérie.
- Kosikowska, M., et Biziuk, M. (2010). Review of the determination of pesticide residues in ambient air Trends in Analytical Chemistry. Vol 29: N° 9.

- Kreppel H, Libel B et Zilker T, 2004: toxicologie. 2ème Edition, paris. P 196-198-195
- Kuang, Z., McConnell, L. L., Torrents, A., Meritt, D., & Tobash, S. (2003). Atmospheric deposition of pesticides to an agricultural watershed of the Chesapeake Bay. *Journal of Environmental Quality*, 32(5), 1611-1622.
- Kurek, J., MacKeigan, P. W., Veinot, S., Mercer, A., & Kidd, K. A. (2019). Ecological legacy of DDT archived in lake sediments from eastern Canada. *Environmental Science & Technology*, 53(13), 7316-7325.
- LAFFONT, R. (1975). Le spectre de la pollution: Le monde des océans. Encyclopédie Cousteau.
- l'agriculture et les problèmes d'environnement liés. Mémoire de maîtrise: Chimie organique (Environnement). Oran. 87p.
- Leenhardt, D.; Voltz, M. (2020). Les impacts réciproques de l'agriculture et de la ressource en eau. Éd. Quæ, collection Synthèses, Versailles, 288 p. Publié sur OpenEdition Books le 16 juin 2021. ISBN: 978-2-7592-3387-8 , 978-2-7592-3123-2.
- Li, X. et al. (2024). Occurrence and ecological risk of herbicides in waters. *Environmental Science and Pollution Research*.
- l'information en fruit et légumes frais, France.
- LOUCHAHI M. 2015. Enquête sur les conditions d'utilisation des pesticides en agriculteurs dans la région centre de l'Algérois et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation, Diplôme de magister, amélioration des productions végétales et des ressources génétiques ED-APVRG, Ecole Nationale supérieure d'agronomie, p14.
- Lucas, J. A., Hawkins, N. J., & Fraaije, B. A. (2015). The evolution of fungicide resistance. *Advances in Applied Microbiology*, 90, 29-92.
- Majewski, M. S., Coupe, R. H., Foreman, W. T., & Capel, P. D. (2014). Pesticides in Mississippi air and rain: a comparison between 1995 and 2007. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(6), 1283-1293.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8, 14.
- Mast, M. A., Foreman, W. T., & Skaates, S. V. (2007). Current-Use Pesticides and Organochlorine Compounds in Precipitation and Lake Sediment from Two High-Elevation National Parks in the Western United States. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 52(3), 294-305.
- Matthews, G. A., Wiles, T., & Baleguel, P. (2014). A survey of pesticide application in Cameroon. *Crop Protection*, 62, 1–8.
- Mebirouk, L.; Boudechiche, L.; Ferhat, R. et Tahar, A. (2014). Relation entre disponibilités en Herbe, ingestion et activités alimentaires de bœufs au pâturage. *Arch. zootec.* vol.63 no.242 Córdoba
- MEEM. 2015. Les pesticides dans les cours d'eau et les eaux souterraines : Chiffres et statistiques, Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, Paris-France.

- Merhi, M. (2008). Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses: caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin.
- Mezbour, R. (2018). Contribution à l'étude de la qualité de l'eau du Lac des Oiseaux (wilaya d'El-Tarf) et étude de la dynamique de la végétation (Thèse de doctorat, Bahrour, S. (2007). Impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naturelles dans la région d'El Tarf (Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba, Faculté des sciences de la Terre, Département de Géologie, option Hydrogéologie). Sous la direction de Mme HouriaKhericiBousnoubra. Université Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.
- Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADR). (2024). Statistiques agricoles de l'Algérie 2023-2024.
- OMS. (2023). Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture. Geneva: World Health Organization.
- PERIQUET A., DRUON S. & AMBROISE C. 2004. Pesticides, risques et sécurité, Comité Sécurité Alimentaire d'Aprifel, Aprifel, Paris-France
- Pokhrel, B., Gong, P., Wang, X., Khanal, S. N., Ren, J., & Wang, C. (2018). Atmospheric organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in urban areas of Nepal: spatial variation, sources, temporal trends, and long-range transport potential. 1325-1336.
- Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 243–255.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2015). Integrated Pest Management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152–182.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2015). Integrated Pest Management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152–182. <https://doi.org/10.3390/insects6010152>
- Ramade, F. (2005). *Éléments d'écologie*. Paris: Dunod. 6ème édition. pp: 241-247.
- Rapport de stage. Réf: UFR/02-01. Thèse de doctorat Université de Tanger. Maroc, in Belaze A 2015. Effet des pesticides sur les deux composantes de l'environnement (sol, eau) responsables de leur transfert le long de la chaîne alimentaire. Biodégradation d'un fongicide et d'un herbicide par la flore microbienne isolée. risque-chimique-2/la-prevention-des-risques-professionnels-des-fongicides.
- Sage pesticide, 2024. <https://www.sagepesticides.qc.ca/recherche/recherchematiere> (consultée le 27 mai 2024)
- Salameh, P.R., Waked, M., Baldi, I., Brochard, P., Saleh, B.A., (2006). Chronic bronchitis and pesticide exposure: a case-control study in Lebanon. *Eur. J. Epidemiol.* 21: 681-688.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27.
- Sarker, A. et al. (2024). Environmental fate and sustainable management of pesticides in soils. *Sustainability*.
- Sauphanor, B., Miniggio, C., Faivre D'Arcier, F. (1993). *J. Appl. Ent.*, 116, 467-478. In Belarbi S, 2021. Développement de nouvelles stratégies de préparation de l'échantillon

et d'analyse pour la recherche de traces de pesticides et de contaminants dans diverses matrices agroalimentaires

Scholtz, M. T., Voldner, E., McMillan, A. C., & Van Heyst, B. J. (2002). A pesticide emission model (PEM) Part I: model development. *Atmospheric Environment*, 36(32), 5005-5013.

SCHREINEMACHERS P. & TIPRAQSA P. 2012. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries, *World Development*, vol. 40, no. 11, pp. 2316-2326.

Sebti L, 2023, étude in vitro, in vivo et in silico des effets toxiques des mélanges de pesticides largement utilisés en Algérie. Thèse de doctorat.

Selvakumar, S., Geraldine P., Shanju, S., et Jayakumar T. (2005). Stressor-specific induction of heat shock protein 70 in the freshwater prawn *Macrobrachium malcolmsonii* (H. Milne Edwards) exposed to the pesticides endosulfan and carbaryl. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. Vol 82: 125-132.

Shaner, D. L. (2014). *Herbicide Handbook* (10th ed.). Weed Science Society of America.

SICZEK A., LIPIEC J. & NOSALEWICZ A. 2008. Effects of soil compaction and macrospores on pesticide transport in soil profiles, *International Agrophysics*, vol. 22, no. 3, pp. 245-251.

Sieglwart, R., et al. (2019). Cibles des insecticides neurotoxiques et modes d'action au niveau de la synapse cholinergique. *Revue de Toxicologie Environnementale*. Vol 14 : 112 – 125

SINGH P. B. & SINGH V. 2004. Pesticide-induced alterations in reproductive endocrinology of fish, *Toxicology and Industrial Health*, vol. 20, no. 1-5, pp. 45-51

Site 01: <https://www.officiel-prevention.com/dossier/protections-collectives-organisation-ergonomie/>

SONG Y., LIU R., SUI Y. & ZHANG J. 2008. Effects of dissolved organic matter on the mobility and leaching of pesticides in soils, *Journal of Environmental Quality*, vol. 37, no. 4, pp. 1354-1361.

Sparks, T. C., et al. (2021). Updates to IRAC's mode of action classification. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 167, 104587.

SPEA R, (1991). Recognised and possible exposure to pesticides In W.J. Hayes & E.R, in Tahar W, 2017. Impact de la pollution par les pesticides sur la qualité des terres agricole

STANLEY S. & PREETHA P. 2016. Toxicity of pesticides to non-target organisms: A review, *Chemical and Biological Technologies for Agriculture*, vol. 3, no. 1, pp. 1-19.

Stehle, S., & Schulz, R. (2015). Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *PNAS*, 112(18), 5750–5755.

TCHOUAR A. K. & SELKA S. 2014. Contribution à l'étude physico-chimique et organoleptique de deux huiles d'olive d'extraction traditionnelle et industrielle de la wilaya de Tlemcen, mémoire de fin d'études, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.

Testud, F., & Grillet, J. P. (2007). Produits phytosanitaires : intoxications aiguës et risques professionnels. Éditions Eska. pp 51, ISBN : 978 2 7472 1145 2, in Sebti L, 2023, étude

in vitro, in vivo et in silico des effets toxiques des mélanges de pesticides largement utilisés en Algérie. Thèse de doctorat.

Tison, L. et al. (2024). Transfer and bioaccumulation of pesticides in food webs. Chemosphere.

Tomlin, C. J., The Pesticides Manual. 10th Ed., British Crop Protection Council. 1994:15 pages.

UIPP. 2007. Rapport annuel : Indicateurs et données du marché des produits phytosanitaires, Union des Industries de la Protection des Plantes, Paris-France

UNEP (2023). Global environmental assessment of pesticides and bioaccumulation risks. United Nations Environment Programme.

Van Der Werf H., 1996. Assessing the impact on the environment. Agriculture, Ecosystems and Environment 60:81-96.

Vierling E et Lyrat G, 2007: microbiologie et toxicologie des hygiène et sécurité alimentaires. P 44.

Vogel, J. R., Majewski, M. S., & Capel, P. D. (2008). Pesticides in rain in four agricultural watersheds in the United States. Journal of Environmental Quality, 37(3), 1101-1115.

voisier. pp:189-240.

WARE G. W. 1994. The Pesticide Book, 4th edition, Thomson Publications, Fresno, California-USA.

Werner I., Geista J., 2002. Effects of dietary exposure to the pyrethroid pesticide esfenvalerate on medaka (*Oryzias latipes*). Marine Environmental Research, 54: 609-614. in Mokhtari M., 2017, Recherche des résidus de pesticides appartenant à quelques groupes chimiques de pesticides dans les fruits et légumes récoltés en Mitidja

Yahia, E. (2016). Effet de certains perturbateurs endocriniens (pesticides) sur la reproduction chez le rat wistar. 11. Thèse de doctorat en reproduction et développement, Université d'Annaba, Algérie.

Yáñez, L., Ortiz, D., Calderón, J., Batres, L., Carrizales, L., Mejía, J., Martínez, L., García-nieto, E., & Díaz-barriga, F. (2002). Overview of Human Health and Chemical Mixtures: Problems Facing Developing Countries. 110 (December 2001), 901-909.

Yáñez, L., Ortiz-Pérez, D., Batres, L. E., Borja-Aburto, V. H., & Díaz-Barriga, F. (2002). Levels of dichlorodiphenyltrichloroethane and deltamethrin in humans and environmental samples in malarious areas of Mexico. Environmental Research, 88(3), 174-181. <https://doi.org/10.1006/enrs.2002.4333>

Yusà, V., Coscollà, C., Mellouki, W., Pastor, A., & de la Guardia, M. (2009). Sampling and analysis of pesticides in ambient air. Journal of Chromatography. A, 1216(15), 2972-

Zacharia Tano J. (2011). Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides . In Ould moussa T et Reddam C, 2021. Synthèse bibliographique sur la toxicité des pesticides sur les isopodes terrestres.