

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

Université Mouloud Mammeri de TIZI- OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire

De fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de master en Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

***Effet du traitement des cultures aux pesticides sur la
pollution de l'eau***

Présenté par :

- Ramdani Feriel Qida.
- Mimoun Lethicia.

Devant le jury :

Présidente : Mme SADOUDI ALI AHMED D.	Professeur à l'UMMTO.
Promotrice : Mme ALI AHMED S.	MCB à l'UMMTO.
Examineur : Mr LIMANE A.	MCA à l'UMMTO.

2022 / 2023

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur soutien inconditionnel. Votre amour, vos encouragements et vos sacrifices ont été une source d'inspiration inestimable tout au long de mon parcours. Que Dieu tout-puissant vous protège et vous comble de bénédictions.

À mon frère et ma sœur, mes complices de toujours. Votre présence et votre soutien ont été précieux. Je vous souhaite une vie remplie de succès, d'épanouissement et de bonheur.

À mes amis et camarades d'études, avec qui j'ai partagé des moments précieux, des rires, des doutes et des victoires. Votre amitié a rendu ce parcours encore plus significatif. Je vous suis reconnaissante d'avoir fait partie de ma vie académique.

À tous ceux qui me sont chers, que ce soit ma famille élargie, mes proches, je vous exprime ma profonde gratitude. Votre soutien, vos encouragements et votre confiance ont été des piliers essentiels dans ma réussite.

Que cette dédicace soit le témoignage de ma reconnaissance envers vous tous, qui avez été présents à mes côtés. Votre impact dans ma vie est immense, et je vous en suis infiniment reconnaissante.

Feriel Qida



Dédicace :

Je tiens à dédier ce travail à :

À mes très chers parents, pour m'avoir soutenu moralement et financièrement jusqu'à ce jour, et à leurs encouragements tout au long de mes études. Que ce travail, soit pour vous, un faible témoignage de ma profonde gratitude. Qu'ALLAH vous préserve, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes grands-parents maternels.

À mes frères et sœurs Yanis, Lila, Ania, Rayane.

À mes chers oncles et tantes, particulièrement mon oncle Rachid qui est pour moi un père, un frère et un ami et ma tante Malika.

À la meilleure des binômes et copine Feriel Qida à laquelle je souhaite réussir dans sa vie.

À tous ce qui me sont chers.

Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Lethicia.





Remerciements :


Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout-puissant et miséricordieux, qui nous a donné le courage et la patience tout au long de notre vie.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre promotrice Mme ALI AHMED. S pour son ouverture, ses conseils, sa patience et la confiance qu'elle nous a témoignée dans la réalisation de notre mémoire.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance et notre gratitude à Mme SADOUDI ALI AHMED. D et Mr LIMANE. A pour avoir accepté d'examiner ce travail et tous nos enseignants et enseignantes qui nous ont accompagnés durant notre formation ainsi que nos familles et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à toutes les subdivisions de chaque région et à tous les agriculteurs d'avoir accepté de répondre à nos questions et de nous avoir transmis leur savoir-faire.

Nous exprimons notre gratitude à Mme SADOUDI ALI AHMED. D pour nous avoir accueilli dans le PSEMRVC et à l'ingénieur du laboratoire Mme ABROUS. H pour son aide précieuse.



Liste des abréviations :

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).

pH : potentiel hydrogène.

Cot : Carbone organique total

Lf : limon fin.

Lg : limon gros.

Sg : sable gros.

Sf : sable fin.

A : argile.

L : limon.

S : sable.

Mo : matière organique.

S1: station 1 → Idjeur.

S2: station 2 → Taboukert.

S3: station 3 → Ain zaouïa.

S4: station 4 → Tizi n'Tlata.

Listes des figures :

Figure 1 : Transfert des pesticides dans l'environnement. (MAAPAR.2011)	11
Figure 2 : localisation des zones d'études.....	14
Figure 3 : les différentes stations de prélèvement des échantillons.....	17
Figure 4 : sol sèches à l'aire libre.....	18
Figure 5 : étapes de détermination de la capacité au champ.....	19
Figure 6 : étapes de détermination de la granulométrie des sols.....	20
Figure 7 : Diagramme de classification détaillée des textures.....	21
Figure 8 : matériels utilisé pour la détermination du carbone organique total.....	22
Figure 9 : Résultat du ph.....	28
Figure 10 : analyse de la conductivité électrique des quatre régions étudié.....	31

Listes de tableaux :

Tableau 1 : Classes chimiques et modes d'action des ingrédients actifs pour contrôler les ravageurs.....	8
Tableau 2 : Fonctions des ingrédients inactifs (adjuvants) dans les pesticides	8
Tableau 3 : Les normes d'interprétations du PH (Le référentiel pédologique, 1995).....	19
Tableau 4 : Normes de salinité du sol (USSL, 1981)	24
Tableau 5 : les différentes cultures recensées avec les pesticides utilisés.....	26
Tableau 6 : Analyse granulométrique des quatre régions étudiées.....	29
Tableau 7 : analyse du carbone organique total des sols étudiés.....	30
Tableau 8 : analyse de la conductivité électrique des quatre régions étudié.....	31
Tableau 9 : Indice de transfert des pesticides vers la nappe phréatique.....	32

Sommaire

Remerciement.

Dédicaces.

Liste d'abréviation.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction générale 01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Présentation générale des pesticides	03
1.1 Définition des pesticides	03
1.2 Classification des pesticides :	04
1.2.1 Selon le type d'organe ciblé	04
1.2.2 Selon le mode d'action	05
1.2.3 Selon la composition chimique	05
1.3 Composition des pesticides	07
1.4 Effet d'utilisation des pesticides :	09
1.4.1 Sur le sol	09
1.4.2 Sur l'eau	09
1.4.3 Sur l'environnement	10
1.4.4 Sur la santé humaine	10
2. Mobilité des pesticides dans le sol	11
2.1 Paramètres influençant la mobilité des pesticides	12
2.2 Modèles d'évaluation du risque de pollution de l'eau	13

Chapitre II : Matériel et méthodes.

1. Situation géographique des sites d'étude	14
1.1 Site d'Idjeur	15
1.2 Site de Taboukert (Tizi rached)	15
1.3 Site d'Ain zaouïa	15
1.4 Site Tizi n'Tlata	15
2. Méthodologie	16

1. But de l'enquête	16
2. Déroulement de l'enquête	16
3. Analyse des données	17
3. Caractérisation des sols	17
3.1 Echantillonnage	17
3.2 Analyses physico-chimiques	18
3.1 Mesure du pH	18
3.2 Mesure de la capacité de rétention de l'eau	19
3.3 Analyse granulométrique	20
3.4 Carbone organique total (COT)	21
3.5 Mesure conductivité électrique	23
4. Méthodes mathématiques	24

Chapitre III : Résultats et discussion.

1. Résultats de l'enquête	25
2. Caractérisation physico-chimique des sols	27
2.1 Potentiel d'Hydrogène du sol	27
2.2 L'humidité	28
2.3 Analyse granulométrique	29
2.4 Analyse du carbone organique total (COT).....	30
2.5 Analyse conductivité électrique	31
3. Résultat de l'évolution du risque.....	32
4. Discussion	33
Conclusion.....	34
Références bibliographiques.....	35

Annexes

Résumé

Introduction générale

La population terrestre est depuis une cinquantaine d'années en forte progression, nourrir toute l'humanité devient alors un problème majeur. Les maladies, les insectes et plantes nuisibles s'attaquent aux cultures, aux forêts et aux plantes d'ornement..., c'est pour cela qu'à partir des années 1950 les pesticides entrent en jeu comme un moyen de lutte qui a contribué dans un sens à l'amélioration de la santé publique, cela en éradiquant ou en limitant la propagation des maladies parasitaires très meurtrières et en garantissant une meilleure production alimentaire (Gagaoua et al., 2012), la consommation mondiale des pesticides est en constante augmentation, passant de 0,49 kg/ha en 1961 à 2 kg/ha en 2004, à ce jour la tendance est à l'augmentation.

Selon l'UIPP (2011), les pesticides sont des produits utilisés en agriculture pour protéger les cultures contre les ravageurs, qui peuvent causer des dégâts importants et des pertes de rendement.

L'utilisation de pesticides permet d'assurer une production agricole plus stable, réduisant ainsi la vulnérabilité aux variations climatiques et autres facteurs. Cela permet aux agriculteurs de mieux planifier leur avenir, de prévoir les périodes de retour sur investissement et de prendre des décisions sur l'acquisition de nouvelles terres. L'introduction de la chimie dans l'agriculture a transformé les propriétaires terriens en entrepreneurs, comme l'a souligné François en 2004.

L'Algérie est classée parmi les pays africains qui utilisent le plus de pesticides. Avec l'intensification de l'agriculture, l'utilisation de pesticides augmente considérablement dans de nombreux domaines. Environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine est largement utilisée par les agriculteurs (Bordjiba O. et Ketif A, (2009).

Malgré les avantages des pesticides dans la protection des cultures, ils peuvent également contaminer l'environnement et avoir des répercussions sur la santé humaine. Des résidus de pesticides sont parfois présents dans les puits et les eaux souterraines, qui sont des sources d'eau potable pour de nombreuses régions en Algérie.

Ils se retrouvent également dans d'autres parties de l'environnement et s'accumulent dans les organismes vivants via la chaîne alimentaire (Journal of Environmental Quality, Vol. 7, n°4, 1978).

Plusieurs travaux ont eu pour objet d'étudier l'effet des pesticides sur les propriétés du sol et les organismes vivants. Certains chercheurs notables dans d'autres régions du monde ont contribué à la compréhension de ces effets, notamment Rachel Carson, qui est devenue célèbre pour son livre "Silent Spring" qui mettait en garde contre les impacts des pesticides. D'autres chercheurs tels que Paul R. Ehrlich, Theo Colborn, Rachel A. Hites, John P. Giesy et Tyrone B. Hayes ont également étudié divers aspects des pesticides et de leurs effets sur l'environnement. Mais la conséquence de leur mobilité, notamment sur la contamination de la nappe phréatique n'a pas été abordée en Algérie à notre connaissance.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, dont l'objectif principal est d'évaluer le risque de pollution de la nappe phréatique par les pesticides présents dans le sol de certaines plantations de la Wilaya de Tizi Ouzou. Une enquête sur le terrain sera menée pour recueillir des données sur l'utilisation des pesticides et déterminer leurs propriétés physico-chimiques. Ensuite, une caractérisation des sols sera réalisée, car la mobilité des pesticides dépend à la fois de leurs propriétés et des caractéristiques du sol.

Ce mémoire comporte trois chapitres. Le premier est une synthèse bibliographique sur les pesticides et leur comportement dans le sol. Le deuxième consiste en une description des sites étudiés, du matériel et des méthodes utilisés dans ce travail. Dans le troisième chapitre, seront présentés les résultats obtenus ainsi que leur discussion. Le mémoire se termine par une conclusion récapitulant les principaux résultats de l'étude et proposant quelques perspectives de recherche.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les pesticides :**1.1. Définition des pesticides :**

L'étymologie du mot pesticide s'est construite à partir de la racine anglaise "pest" (animal, insecte ou plante nuisible) provenant du latin Pestis (peste) qui désignait le fléau en général suffixe "cide" qui signifie "tuer" (El Azzouzi, 2013). Le mot « pesticide » est un terme générique qui englobe les produits phytopharmaceutiques, utilisés en milieu végétal (Gatignol et Etienne, 2010).

Selon la définition de la (FAO, 1990) les pesticides c'est : « toute substance ou mélange de substance destiné à prévenir, détruire, ou contrôler tout organisme nuisible, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, les espèces végétales ou animales indésirables, causant des dommages pendant ou interférant d'une autre manière avec la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation de ces aliments, les produits agricoles, le bois et les produits du bois ou les aliments pour animaux, ou les substances qui peuvent être administrées aux animaux pour lutter contre les insectes, les arachnides ou d'autre ravageurs dans ou sur leurs corps ».

Les pesticides sont des substances chimiques utilisées pour lutter contre les organismes nuisibles tels que les insectes, les mauvaises herbes, les champignons, les rongeurs et d'autres organismes considérés comme des parasites pour les cultures, Ils sont largement utilisés dans l'agriculture, les jardins, et d'autres environnements pour prévenir, détruire ou contrôler les organismes indésirables.

Une autre définition selon ACTA (2005) qualifie le produit phytopharmaceutique est défini comme «la substance active et les préparations commerciales constituées d'une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur », La substance active, selon la même source, anciennement dénommée matière active, est celle qui détruit ou empêche l'ennemi de la culture de s'installer, à laquelle sont associant dans la préparation un certain nombre de formulant (adjuvants, solvants, antimousses...) qui la rendent utilisable par l'agriculteur. Les pesticides peuvent également être utilisés pour la régulation de la croissance des plantes et la conservation des récoltes. Ils permettent l'amélioration de la quantité et la qualité des denrées alimentaires (El-Mrabet, 2009). Néanmoins, ils restent des produits toxiques et présentent donc des dangers potentiels pour l'homme, les animaux et l'environnement (LNE, 2008).

1.2. Classification des pesticides :

Les pesticides peuvent être classés selon différentes catégories en fonction de leur mode d'action, de leur composition chimique et de leur cible spécifique.

1.2.1. Classification selon le type d'organismes ciblé :

1.2.1.1. Herbicides :

Les herbicides, appelés parfois désherbants sont des substances chargées de détruire ou de ralentir la croissance des mauvaises herbes, nommées aussi adventices.

Ils se distinguent entre eux par la voie de pénétration dans les végétaux et par leur déplacement dans la plante (Cirad, 2000).

Agissant sur différents processus de croissance et de développement des plantes, ils perturbent le fonctionnement de (Batsch, 2011) :

- La photosynthèse ou la perméabilité membranaire.
- La division cellulaire, l'élongation, etc.
- La biosynthèse des constituants cellulaires ; lipides, pigments caroténoïdes, acides aminés, etc.

1.2.1.2. Insecticides :

Les insecticides sont des biocides destinés à détruire des insectes pour assurer la protection des cultures. Largement utilisé en agriculture pour éliminer les ravageurs, ils sont également présents dans l'environnement domestique sous forme de spécialité contre les poux, de médicaments vétérinaires, d'insecticide ménagers de produits de jardinage ou encore de xyloprotecteurs (Testud et Grillet 2007).

Considérés comme des produits neurotoxiques, leur action sur le système nerveux se manifeste par le blocage de la propagation de l'influx nerveux au niveau des neurones et des synapses, tant au niveau du système nerveux central que périphériques (Calvet et al., 2005).

Certains insecticides agissent en perturbant la physiologie de la reproduction de l'insecte (perturbateurs de mue) alors que d'autres inhibent la production de chitine, élément constitutif majeur de l'exosquelette des insectes (Batsch, 2001). Les insecticides peuvent également cibler les larves et les œufs des insectes.

1.2.1.3. Fongicides :

Les fongicides sont des substances conçues exclusivement pour éliminer ou limiter le développement des champignons parasites des végétaux. Leur effet est qualifié de préventif, lorsque son action se situe avant la pénétration du parasite dans les tissus de la plante, de curatif, lorsqu'il intervient sur des filaments déjà bien installée dans les tissus avant l'apparition des premières symptômes (Azzouz, 2012).

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

1.2.2. Classification selon le mode d'action :

- Pesticides de contact : ils agissent lorsqu'ils entrent en contact direct avec l'organisme ciblé.
- Pesticides systémiques : ils sont absorbés par les plantes et se déplacent à l'intérieur de celles-ci pour protéger toute la plante.
- Pesticides à ingestion : sont ingérés par l'organisme ciblé lorsqu'il se nourrit d'une plante traitée.

1.2.3. Classification selon la composition chimique :

1.2.3.1. Les Organochlorés :

Selon Roberts (2001) insecticides organochloré (OC) ont découverte ont 1942 e groupe hétérogène d'hydrogéné d'hydrocarbures aromatique et polycyclique n sans, réelle communauté de structure mais qui partage, à des degrés, une lipophile marquée et une très forte stabilité moléculaire. Cette dernière propriété leur conféré une biodégradabilité extrêmement ente, tant dans l'environnement le demie vie sur le sol et dans l'eau dépassent dix ans pour certain dérivé – que chez les organisme vivants (la demi-vie-du DDT chez les hommes et de 3.4 ans). Sur le plan toxicologique, les OC se concentrent dans la foi, le tissu adipeux et le système nerveux ou ils exercent à forte dose une action pro convulsivante. (Testud et Giellet 2007).

1.2.3.2. Les Organophosphorés :

Selon Catherine Renauld-Rouger et al, 2005, les organophosphorés contiennent un atome de phosphore dans leur structure chimique. D'après (Matsummura, 1975) ce

sont la mise en point remonte aux travaux de Schrader, en Allemagne en 1934. Ce sont des dérivés de gaze qui sont hautement toxique pour le mammifère, ils sont tous des dérivés d'acide phosphorique. En général les Organophosphoré ne sont pas volatile et moins persistante que les Organochloré dans les milieux, son seulement sa sont neurotoxique et regroupe les insecticides et les acaricides les plus toxique, c'est un remplacement des Organochloré dès les années 50 contre ces dernières. En 1944 l'apparition du Parathion, le premier composé des OP, largement employé en agriculture et pour la lutte antivectorielle (François Testud, 2007). En distingue plusieurs types des Organophosphoré, les exo-thérapeutique qui agissent directement par pénétration dans l'organisme du sable par des voies déverses (par Contacte) comme le Parathion. Aussi les endo-thérapeutique ou systémique comme le Désulfitons. (Renauld-Rouger et al. 2005).

1.2.3.3. Les Carbamates :

Agissent par contacte, ingestion et dans certain cas par inhalation sur un très grand nombre d'insectes, puceron et acarien ainsi les nématodes, molécule non sélective. (Catherine Renauld-rouger et al, 2005). Selon François Testud et Jean-Pierre Giellet, 2007 le remplacement de l'organochloré a été accéléré par l'apparition et l'utilisation des Carbamates, composé dérivé synthétique de la physostigmine, le principal de physostigma venenosum, mis au point en 1951, n'étaient guère En 1969, 21 carbamate étaient déjà utilisé en Amérique du Nord, et actuellement on en dénombre 45.

1.2.3.4. Les Pyréthrinoïdes :

Ce sont des molécules ou analogue synthétique des alcaloïdes naturel (pyréthrines 1 et 2, cénérine 1 et 2, jasmoline 1 et 2) que l'on peut extraire de la fleur jaune de *Chrysanthemum cinerariifolium*. Employé en chine dès le premier siècle de notre ère (François Testud et Jean-Pierre Giellet, 2007). D'après Renauld-rouger et al, 2005, les pyréthrinoïdes de synthèse sent des insecticides inactivé sous la lumière c'est pour ça n'a jamais pu être utilisé en agriculture jusqu'à la chimie de synthèse s'attaché à mettre au point des composé photostable. Le premier Pyréthrinoïdes été commercialisé en 1952 et avec l'abondance des organochloré et l'importance de la toxicité des organophosphoré et des carbamates ont favorisé le développement puis l'introduction sur le marché dans les années soixante et soixante-dix et nombreuse molécules

nouvelle l'amélioration portant sur la puissance d'action et la photostabilité, autorisant l'utilisation phytosanitaire à grande échelle.

1.2.3.5. Les Triazines :

Selon Bettiche, (2017), La première Triazine a été découverte en 1952 à . Geigy, En Suisse, les triazines sont des herbicides organo-azotés de formule brute $C_8H_{14}ClN_5$. Ils sont dits de « deuxième génération » car ils se dégradent plus rapidement que les organochlorés. Cependant, leurs produits de dégradation sont persistants. Les produits de dégradation des triazines sont formés dans les sols, principalement sous l'action de microorganismes. Leur dégradation par photolyse est lente (335 jrs) et leur biodégradation dans les eaux et les sédiments varient entre 28 et 134 jrs en milieu aérobie et 608 jrs en milieu anaérobie (La chambre et Fisson 2007). On sait que les triazines sont persistants dans l'eau et sont mobiles dans le sol.

1.2.3.6. Les urées substituées :

Nom donné aux molécules renfermant un groupe Urée (NH_2 - CO- NH_2). Ce groupe peut se trouver à l'intérieur d'un cycle. Les atomes d'hydrogène liés aux atomes d'azote peuvent être substitués par d'autres atomes, par des chaînes ou par des cycles ou 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 (Québec, 2019).

1.3. Composition des pesticides :

Les pesticides sont généralement composées d'un mélange d'ingrédients actifs et d'ingrédients inactifs, qui sont également appelés adjuvants (tableaux 1et 2).

Tableau 1 : Classes chimiques et modes d'action des ingrédients actifs pour contrôler les ravageurs.

Ingrédients actifs	Classes chimiques	Mode d'action pour contrôler les ravageurs
Organochlorés	DDT, lindane, aldrine, chlordane, etc.	Perturbation du système nerveux des ravageurs
Organophosphorés	Malathion, chlorpyrifos, diazinon, etc.	Inhibition de l'enzyme cholinestérase
Carbamates	Carbaryl, propoxur, methomyl, etc.	Inhibition de l'enzyme cholinestérase
Pyrethrinoides	Permethrin,,cypermethrin, deltamethrin, etc.	Perturbation du système nerveux des ravageurs
Néonicotinoïdes	Imidacloprid ,clothianidin, thiamethoxam, etc.	Perturbation du système nerveux des ravageurs

Tableau 2 : Fonctions des ingrédients inactifs (adjuvants) dans les pesticides.

Ingrédients inactifs (adjuvants)	Fonctions
Solvants	Dissoudre les ingrédients actifs
Émulsifiants	Aider à mélanger des liquides non miscibles
Dispersants	Assurer une répartition uniforme du produit
Agents mouillants	Aider à l'adhérence du pesticide sur les feuilles
Agents antigel	Protéger le pesticide contre le gel
Stabilisants	Maintenir la stabilité chimique du pesticide
Colorants	Faciliter la visualisation de l'application

1.4. Effets d'utilisation des pesticides :

➤ 1.4.1. Effets sur le sol :

La présence des pesticides peut avoir plusieurs effets sur le sol, ils peuvent entraîner plusieurs problèmes environnementaux. Ils peuvent causer la dégradation du sol, réduisant sa fertilité et sa capacité de soutenir la croissance des plantes. De plus, ils peuvent entraîner une perte de biodiversité en affectant les organismes bénéfiques du sol. Les pesticides peuvent également contaminer les ressources en eau, polluant ainsi les cours d'eau, les lacs et les nappes phréatiques. L'utilisation excessive de pesticides peut conduire à la résistance des organismes nuisibles, rendant les pesticides moins efficaces à long terme. Enfin, les pesticides peuvent perturber les cycles biologiques naturels du sol en éliminant les prédateurs des organismes nuisibles, ce qui peut rendre les cultures plus vulnérables aux attaques (Anonyme,2008).

➤ 1.4.2. Effets sur l'eau :

L'eau est l'une des sources importantes et indispensables destinées, soit pour une consommation directe, pour l'irrigation des cultures ou bien pour l'alimentation des bétails et au domaine industriel. L'agriculture est l'un des facteurs importants qui contribue à la contamination et à la pollution de cette source, particulièrement après l'application des pesticides (Raouia, 2019), la présence des pesticides peut avoir plusieurs effets sur l'eau, qui peuvent être néfastes pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Les pesticides peuvent avoir plusieurs impacts sur l'environnement aquatique, ils peuvent contaminer l'eau lorsqu'ils sont entraînés par les précipitations ou l'irrigation, ce qui peut avoir des effets néfastes sur les organismes aquatiques et sur les humains qui utilisent cette eau. De plus, les pesticides peuvent être toxiques pour les poissons, les crustacés et d'autres organismes aquatiques, perturbant leur développement et leur survie. Les pesticides peuvent également perturber les chaînes alimentaires en s'accumulant le long de celles-ci, exposant ainsi les espèces en haut de la chaîne, y compris les humains, à des niveaux élevés de pesticides. Enfin, certains pesticides contenant des nutriments peuvent contribuer à l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques, favorisant la prolifération excessive d'algues et la diminution de l'oxygène dissous dans l'eau (Batsch, 2001).

➤ **1.4.3. Effet sur l'environnement :**

Les produits phytosanitaires peuvent diffuser dans les différents compartiments de l'environnement : air, sol et eau (Anonyme, 2003). Du fait de leur écotoxicité, de leur potentiel de bioaccumulation et de leurs actions endocriniennes, ces molécules présentent un risque pour l'environnement en général (Schrack et Coquil et al, 2009). Ce qui conduit à des intoxications à proximité ou à des distances considérables des territoires traités par ces composés (Gagaoua, 2012), Lorsque les pesticides sont mal utilisés, ou utilisés en trop grandes quantités, ou sont disséminés dans l'environnement de manière incontrôlée par dérive de pulvérisation, lixiviation ou ruissellement, les substances chimiques peuvent contaminer l'eau, l'air et les sols. Ils exercent des effets néfastes sur les végétaux et les espèces sauvages, ainsi que sur la diversité biologique. La contamination de l'environnement peut se produire pendant et après l'application, lors du nettoyage de l'équipement ou en cas d'élimination non contrôlée et illégale des pesticides ou des récipients qui les contenaient (Commission Européenne, 2007).

➤ **1.4.4. Effet sur la santé humaine :**

Du fait de la dangerosité intrinsèque de la plupart des pesticides, le contact inopiné de ces substances avec des cibles non désignées risque d'entraîner des troubles graves pour ces dernières. L'homme constitue l'une de ces cibles involontaires du fait qu'il est l'applicateur de ces substances mais aussi parce qu'il est le consommateur de ressources alimentaires susceptibles d'être contaminées par des résidus (Reagnault-Roger et Fabres et al., 2008). Ces effets toxiques du produit sont eux-mêmes liés à l'état de santé de l'individu exposé (Tron et Piquet et al, 2001). Les effets des pesticides peuvent être d'ordre respiratoire, cutané, neurologique, reproductif, développemental ou autre. Les pesticides peuvent être absorbés par la peau (généralement reconnue comme étant la voie principale d'exposition aux pesticides), par les voies respiratoires ou par ingestion. Les enfants semblent être plus vulnérables aux pesticides que les adultes. Leur comportement et leur système en développement font en sorte qu'ils sont plus exposés et plus sensibles aux effets potentiels des pesticides. Ce qui engendre un risque accru d'intoxications aiguës ou chroniques (Tellier, 2006).

2. Mobilité des pesticides dans le sol :

Les pesticides peuvent également se déplacer dans le sol, ce qui soulève des préoccupations en termes de mobilité et de dispersion. Certains pesticides peuvent se déplacer plus facilement à travers les différentes couches du sol, atteignant ainsi les nappes phréatiques et les sources d'eau souterraine (fig. 1). Cette mobilité peut augmenter le risque de contamination des réserves d'eau potable et des écosystèmes environnants. Il est donc essentiel de prendre en compte la mobilité des pesticides lors de leur utilisation et de mettre en place des pratiques agricoles appropriées pour minimiser leur impact sur l'environnement (Baran,N., Arnaud, L., 2013).

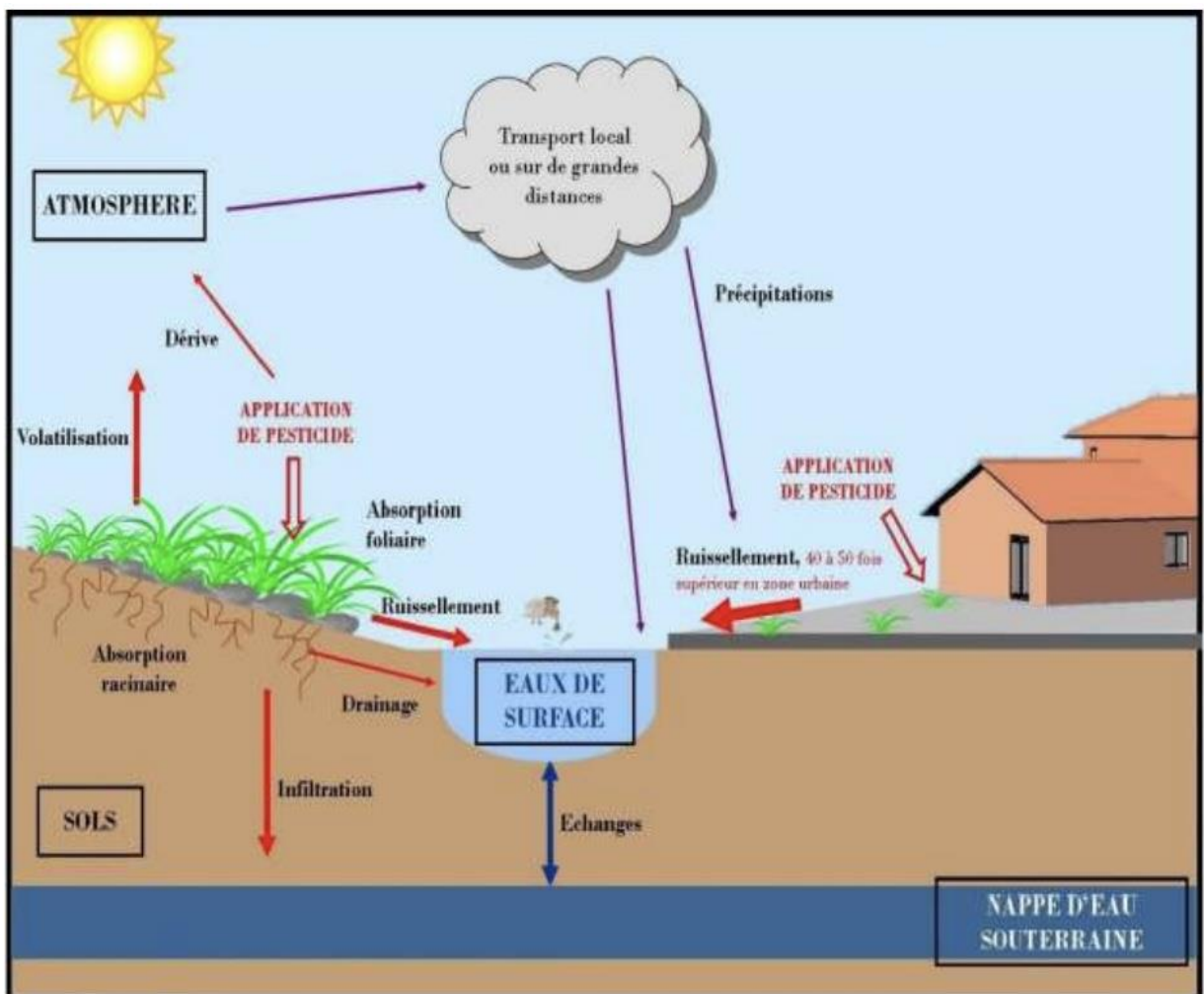


Figure 1 : Transfert des pesticides dans l'environnement. (MAAPAR,2011).

2.1. Paramètres influençant la mobilité des pesticides :

La mobilité d'un pesticide dépend de sa solubilité dans l'eau, de sa charge, de sa polarité et de sa taille, propriétés physico-chimiques qui contrôlent la sorption. Lorsqu'un pesticide se retrouve dans le sol, une partie interagit avec les particules de sol, en particulier les matières organiques, selon un processus appelé adsorption, et une partie reste sous forme dissoute.

Pour la plupart des molécules, l'adsorption sera d'autant plus importante que le sol sera riche en matières organiques. L'adsorption est généralement caractérisée de manière empirique par le K_d , coefficient de partage ou de distribution entre le sol (phase solide) et l'eau (phase aqueuse) de la molécule (Close, 1993). Cette approche de type « boîte noire » ne précise pas le ou les mécanismes impliqués. Ce coefficient est directement fonction de la texture du sol, de sa nature, de la teneur en matière organique et des paramètres physico-chimiques (e.g. pH). La présence d'argiles, d'oxy-hydroxydes ont également une influence sur les capacités de sorption du sol et du sous-sol. Ainsi, le coefficient K_d peut être normalisé par la teneur en carbone organique (K_{oc}). Les faibles K_d caractérisent des pesticides plus susceptibles de lixiviation vers les eaux souterraines.

Lorsque l'adsorption est tributaire de la concentration de la substance en solution, l'adsorption peut être décrite par les isothermes linéaires, de Langmuir ou de Freundlich paramétrées par différents paramètres. L'adsorption est également gouvernée par d'autres facteurs comme le pH, la température ou la force ionique (effet de compétition) par exemple. Ainsi, l'adsorption du glyphosate n'est que peu gouvernée par la teneur en matière organique mais fortement impactée par le pH mais aussi la teneur en oxydes. A ce stade, le manque de données ne permet pas de définir les lois décrivant les processus d'adsorption pour les produits phytosanitaires. Mais on admet que différents mécanismes devront être envisagés pour prendre en compte ce processus suivant différentes catégories de produits phytosanitaires (Claude-Guillemin, 2015).

2.2. Modèles d'évaluation du risque de pollution de l'eau :

Les modèles les plus utilisés pour évaluer le risque de pollution de l'eau des nappes phréatiques varient en fonction des régions et des pays, ainsi que des spécificités des substances chimiques étudiées (ALBINET et MARGAT 1970).

- **Modèle Pesticide Leaching Model (PLM) :** Ce modèle est utilisé pour évaluer la lixiviation des pesticides dans le sol et leur transfert vers les nappes phréatiques. Il

prend en compte des facteurs tels que la propriété des sols, les conditions climatiques et les pratiques agricoles.

- **Modèle Pesticide Root Zone Model (PRZM) :** Le modèle PRZM est un modèle de transfert de pesticides qui simule les processus d'application, de dégradation, de sorption et de lixiviation des pesticides dans le sol. Il est souvent utilisé pour évaluer le risque de pollution des nappes phréatiques par les pesticides agricoles.
- **Modèle GeoPEARL :** Ce modèle est utilisé pour évaluer l'exposition des nappes phréatiques aux pesticides à l'échelle régionale. Il intègre des données sur les propriétés des pesticides, les caractéristiques hydrogéologiques et les pratiques agricoles pour évaluer les concentrations estimées dans les nappes phréatiques.
- **Modèle Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems (GLEAMS) :** Le modèle GLEAMS est un modèle intégré qui évalue les effets des pratiques agricoles sur la charge en pesticides des nappes phréatiques. Il prend en compte les processus de transport, de sorption, de dégradation et de ruissellement des pesticides.
- **Modèle Pesticide Fate in the Environment (PE5) :** Ce modèle est utilisé pour évaluer la persistance, la distribution et les concentrations des pesticides dans les différentes matrices environnementales, y compris les nappes phréatiques. Il utilise des données sur les propriétés physico-chimiques des pesticides, les caractéristiques du sol et les conditions hydrologiques.
- **Modèle de Gustafson :** ce modèle calcule un indice GUS (Groundwater Ubiquity Score) qui calcule le risque de transfert des pesticides du sol vers la nappe en tenant compte des propriétés des substances et de celles du sol.
- Un autre exemple d'indice de mobilité utilisé est le Leaching Index (LEACH) utilisant en plus de ces paramètres la solubilité et la pression de vapeur des molécules (Chen et al., 2002).

Chapitre II :

Matériel et méthodes

Dans l'objectif d'évaluer l'effet de l'utilisation des pesticides sur la pollution de l'eau, nous avons mené une enquête auprès de quelques agriculteurs de la wilaya de Tizi Ouzou dans quatre régions différentes : Taboukert (Tizi-Rached), (Draa el Mizane), Idjeur (Bouzeguene) et Tizi N'Tlata (Ouadhias). Une caractérisation des sols a ensuite été effectuée au laboratoire PSEMRVC de la FSBSA et à l'INRF de Baïnem. Enfin, moyennant de la modélisation mathématique, le risque de pollution de la nappe phréatique a été évalué.

1. Situation géographique des sites d'étude :

La wilaya de Tizi-Ouzou est située à 100km d'Alger et fait partie de ce qu'on appelle « la grande Kabylie ». Elle se situe au cœur de massif du Djurdjura et présente ainsi un relief montagneux fortement accidenté qui s'étale sur une superficie de 2958km². Elle comprend une chaîne côtière composée des daïras de Tigzirt, Azeffoun, un massif central situé l'oued Sébaou et la dépression de Draa El-Mizane. La wilaya de Tizi-Ouzou est limitée par :

- La mer méditerranée au nord.
- La wilaya de Brouira au sud.
- La wilaya de Boumerdès à l'ouest.
- La wilaya de Bejaïa à l'est.

Notre étude est réalisée dans quatre régions de la wilaya de Tizi-Ouzou (fig. 2) : Taboukert (Tizi-Rached), Ain zaouïa (Draa el Mizane), Idjeur (Bouzeguene) et Tizi N'Tlata (Ouadhias) (fig. 2).

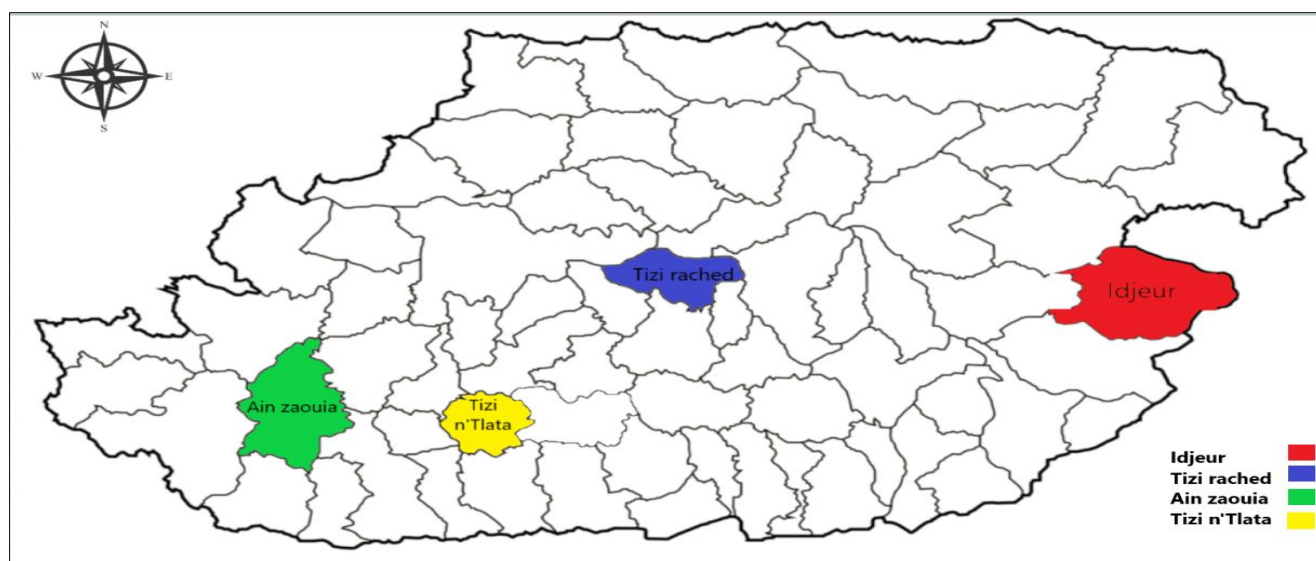


Figure 2 : localisation des zones d'études.

1.1. Site de Taboukert (Tizi rached) :

Taboukert est un village situé dans la commune de Tizi rached dans la wilaya de Tizi-Ouzou en Kabylie. Il est traversé par la route nationale N12 et le fleuve Sebaou (Amraoua). Le village possède un bon lieu géographique grâce à la route nationale N12 qui relie la wilaya de Tizi-Ouzou à la wilaya de Bejaïa et qui permet à ces habitants de se déplacer facilement dans la wilaya (18 KM à l'Est du chef-lieu de la wilaya).

Elle est située entre la latitude 36°41'40'' Nord et longitude 4°12'50'' Est.

1.2. Site d'Ain Zaouïa :

Ain Zaouia est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, en Kabylie, située à 45km au sud-ouest de Tizi-Ouzou et à 115 km environ au sud-est d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 56,887 km² avec 25000 habitants (2014). Elle est située entre la latitude 36°32'54'' Nord et longitude 3°53'39'' Est et une altitude de 282m.

La commune d'Ain Zaouïa est caractérisée par un climat méditerranéen chaud avec un été sec. La pluviométrie est concentrée généralement sur la période hivernale, les précipitations sont de l'ordre de 720.01mm/an.

1.3. Site d'Idjeur :

Idjeur est une commune de la daïra de Bouzeguene, en Kabylie. Elle est située à 70km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, s'étend sur une superficie de 72.06km² avec 10301 habitants, son territoire est délimité comme suit :

- Au nord-ouest par la commune de Yakourene.
- Au nord-est par la commune d'Adekar (wilaya de Bejaia).
- A l'ouest par la commune d'Ifigha.
- Au sud par la commune de Bouzeguene.
- A l'est par la commune d'Akfadou.

Elle est située entre la latitude 36°39'59'' Nord et longitude 4°31'7'' Est. La commune d'Idjeur est caractérisée par un climat méditerranéen chaud avec un été chaud.

1.4. Site de Tizi N'Tlata (Ouadhias) :

Tizi N'Tlata est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, en Kabylie située à 45km au sud-ouest de Tizi-Ouzou et à 115km environ au sud-est d'Alger.

Elle est située à 488m d'altitude et entre la latitude 36°32'44'' Nord et longitude 4°03'26'' Est. Elle s'étend sur une superficie de 26,90km² avec 15479 habitants (2008). La commune de Tizi n'Tlata est caractérisée par un climat méditerranéen chaud avec un été sec. La pluviométrie est concentrée généralement sur la période hivernale, les précipitations sont de l'ordre de 720,01mm/an.

2. Méthodologie:

1) But de l'enquête

L'objectif de cette étude est de recenser les pesticides utilisés par les agriculteurs et de mettre en évidence de leurs connaissances vis-à-vis de ces produits ; leurs effets sur leur santé et l'environnement ainsi que le mode de leur d'utilisations.

2) Déroulement de l'enquête

Notre étude a été réalisée dans les quatre régions (Tizi rached, Ain zaouïa, Ouadhias, Bouzeguene), nous avons mené une enquête auprès de 6 agriculteurs. L'enquête a été réalisée à base d'un questionnaire (ci-dessous)

Questionnaire :

1. Série n
2. La date de l'enquête
3. Lieu
4. Culture (historique)
5. Depuis quand
6. Historique de la culture
7. Maladies
8. Formation sur l'application des produits phytosanitaires
9. Conduite de la culture
10. Type de culture
11. Variété
12. Noms des produits utilisés.....

♣ Insecticides

♣ Fongicides

♣ Herbicides

♣ Acaricides

♣ Autre...

13. Quantité de produit utilisé.

(1) Analyse des données :

Les données collectées sont regroupées dans un tableau brut qui comporte les principales questions posées aux agriculteurs rencontrés, puis sont traités sous Excel, pour tracer des diagrammes et des secteurs.

3. Caractérisation des sols :

3.1. Echantillonnage :

Sur chaque site des prélèvements ont été réalisés le long d'une diagonale à raison de cinq prélèvements par parcelle à l'aide d'une pelle. Le prélèvement du sol a été effectué à une profondeur de 20 Cm. Les sols sont ensuite transportés vers le laboratoire.

Les échantillons ont été séchés à l'air libre, puis broyés et tamisés avec un crible de 2 mm de diamètre afin d'obtenir la terre fine qui servira aux analyses physico-chimiques.



Figure 3 : les différentes stations de prélèvement des échantillons.

3.2. Analyses physico-chimiques :

Afin d'évaluer le risque de pollution de la nappe par transfert de pesticides, la connaissance des caractéristiques des sols s'avère indispensable. Au cours de ce travail, les analyses effectuées et qui sont décrites par les règlements de l'OECD (1984) sont : la mesure du pH, la détermination de la capacité de rétention de l'eau, le carbone organique total, l'analyse granulométrique, et la conductivité électrique. Quelques analyses sont effectuées dans le laboratoire PSEMRVC de la FSBSA et d'autres sont effectuées dans le laboratoire de pédologie à l'Institut Nationale de la Recherche Forestière (Bainem).

3.1. Mesure du pH :

Le potentiel hydrogène (ou pH) d'un sol à un instant est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes H^+ (concentration en ions H^+) dans la solution du sol au moment de la mesure. Sur une échelle de 1 à 14, un sol est neutre quand son pH est de 7. En dessous, il est acide, au-dessus, il est basique ou alcalin. Le pH est mesuré avec un pH-mètre sur une suspension aqueuse du sol, dans laquelle le rapport pondéro-volumétrique sol/eau est de 1/2,5 après agitation et une décantation de 2h.

Pour interpréter les résultats, nous avons utilisé les normes décrites par Le référentiel pédologique (1995) (Tableau 3).

Tableau 3 : Les normes d'interprétation du pH (Le référentiel pédologique, 1995).

pH	Type de sol
<3,5	Hyper acide
3,5- 4,2	Très acide
4,2- 5,0	Acide
5,0 -6,5	Peu acide
6,5-7,5	Neutre
7,5-8,7	Basique
>8,7	Très basique

3.2. Mesure de la capacité de rétention de l'eau :

La capacité de rétention de l'eau dans les sols dépend de leur porosité. Encore dénommée humidité (hygrométrie), elle se mesure en pourcentage de la quantité d'eau contenue dans un sol par rapport à son volume total. La capacité de rétention de l'eau par les lacunes des sols dépend de la teneur en limons et en argiles, car c'est un phénomène capillaire : l'adsorption est d'autant plus grande que la taille des particules est plus faible (François, 2008).

Le principe cette analyse consiste à saturer en eau des mottes de terre puis à les égoutter. Le poids de la terre fraîche est mesuré avant et après séchage (fig. 4). L'eau retenue (ER) est alors calculée comme suit :

$$ER = (\text{Poids humide} - \text{Poids sec}) * 100 / \text{poids sec}$$



Figure 4 : étapes de détermination de la capacité au champ.

3.3. Analyse granulométrique :

La distribution granulométrique est un des plus importants paramètres physiques d'un sol. La division du sol (classification) est en premier lieu basée sur la distribution granulométrique. Cette analyse a pour objectif de classer les particules minérales du sol par catégories de diamètre afin de déterminer sa texture. Une méthode simple est utilisée pour la détermination de la taille des particules. Il s'agit de la méthode internationale modifiée par l'utilisation de la pipette de Robinson (fig. 5) dont le protocole se résume comme suit :

- Détruire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée.
- Disperser les particules par un dispersant énergétique tel que l'hexamétaphosphate de sodium et par une agitation mécanique.

- Effectuer des prélèvements à l'aide de la pipette Robinson dans des flacons à sédimentation à des profondeurs et des temps bien déterminés.

Cette suspension étant stabilisée dans des conditions bien définies, la séparation des différentes classes s'effectue par sédimentation gravitaire pour les fractions fines (inférieur à 50 micron) et par tamisage humide pour les fractions dont le diamètre est de 50- 2000 micron.

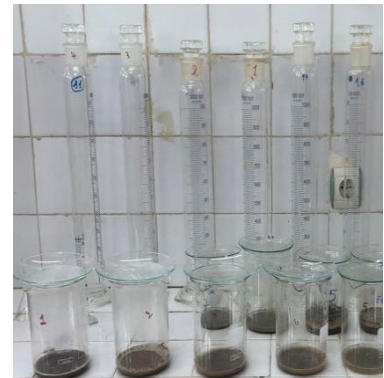


Figure 5 : étapes de détermination de la granulométrie des sols.

La détermination de la texture se fait par la projection des pourcentages des différentes fractions sur le triangle des textures (fig. 6).

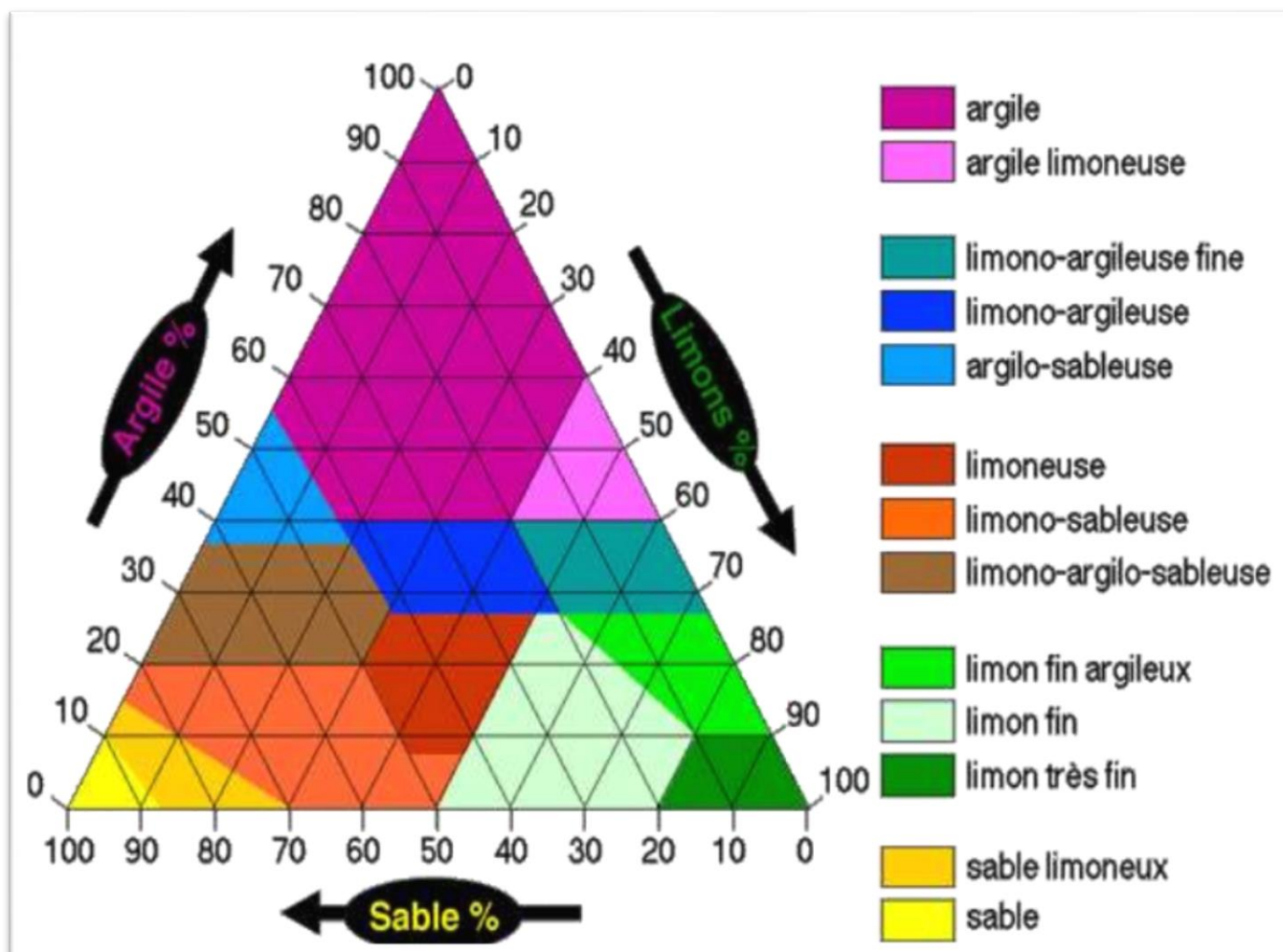
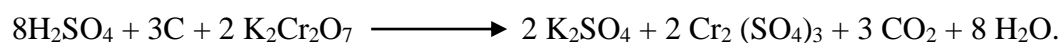


Figure 6 : Diagramme de classification détaillée des textures.

3.4. Carbone organique total (COT) :

La détermination de la teneur en COT est faite par la méthode Anne. Le COT est oxydé à chaud avec une solution de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu sulfurique. La quantité de bichromate doit être en excès par rapport à la quantité nécessaire à l'oxydation du carbone organique du sol. L'excès de $K_2Cr_2O_7$ qui n'a pas réagi est ensuite titré par une solution de sel de Mohr en présence de diphénylamine dont la couleur passe successivement par le bleu foncé, brun noirâtre, violet puis vert (fig.7). La réaction chimique s'écrit comme suit :



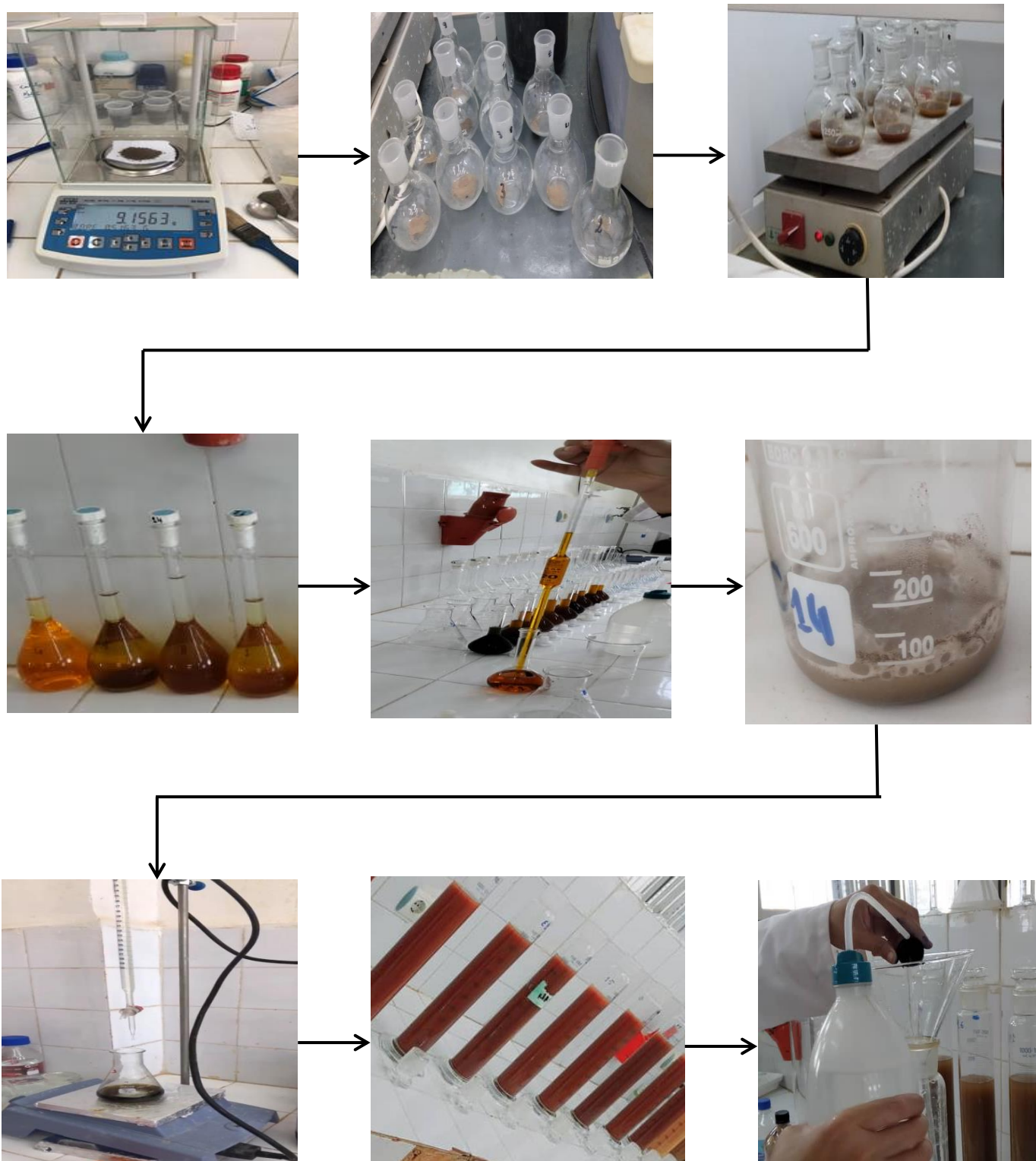


Figure 7 : Étapes de la détermination du carbone organique total.

3.5. Mesure de la conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité.

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho.cm^{-1} ou dS.m^{-1} (mmho = millimho, S = Siemens) à une température de 25°C . La CE est la conductance mesurée dans des conditions spécifiées entre les faces opposées d'un cube unité matérialisé par une cellule conductimétrique composée de deux électrodes de 1cm^2 de surface distantes de 1cm .

Le principe de la méthode consiste à faire des extractions aqueuses de rapports sol/eau (m/v) fixes pour obtenir des fortes dilutions (sol/eau de 1/5 est le plus souvent utilisé) et exprimée en dS/m relative à 25°C .

La CE est mesurée sur le filtrat d'une suspension aqueuse après agitation à l'aide d'un conductimètre.

Les valeurs sont comparées aux normes de salinité résumées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Normes de salinité du sol (USSSL, 1981).

Conductivité électrique (ms /cm)	Salinité
<0,6	Non salé.
0,6-1,4	Peu salé.
1,4-2,4	Salé.
>2,4	Très Salé.

4. Méthode mathématique :

Le risque de la pollution de la nappe phréatique a été évalué par un modèle de transfert du sol vers le sous-sol en tenant compte des propriétés des matières actives et des propriétés du sol.

Le modèle de transfert utilisé est celui de Gustafson (1989) qui calcule l'indice Gus (Ground Water Ubiquity Score)

Le risque est jugé élevé lorsque la valeur de Gus est supérieur à 2,8 (Rivière ,1989).

Les paramètres DT50 et Koc sont souvent pris en compte pour estimer le risque de transfert des pesticides vers les eaux souterraines. Par exemple, l'indice de mobilité GUS (Groundwater Ubiquity Score) proposé par (Gustafson, 1989) se base sur ces deux paramètres pour classer les pesticides selon le risque de lixiviation qu'ils présentent.

Chapitre III :

Résultats et discussion

1. Résultats de l'enquête :

La prise en compte des caractéristiques des pesticides est nécessaire pour l'identification des molécules qui peuvent constituer un risque potentiel de contamination des ressources en eau. La plupart des approches d'estimation du risque de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux souterraines utilisent des paramètres qui caractérisent les propriétés physicochimiques des molécules, leur adsorption et leur persistance dans le sol (El arfaoui, 2010).

Les résultats de l'enquête complétés par des données bibliographiques sur les pesticides utilisés sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : les différentes cultures recensées et les pesticides utilisés.

Stations		Zones	Cultures	Pesticides utilisés	Nom commercial	Matière active	Famille chimique	DT50 Sol (jour)	Kd (K_{oc}) (cm³)	Log K_{ow}	Solubilité (mg/L)
Station 1	Idjeur	1	Tomate	Insecticide	Diméthoate 40	Diméthoate	organophosphorés	7	20	0,78	25000
		2	Oignon								
Station 2	Taboukert	3	Orange	Insecticide	Pyrinex ME	Chlorpyrifos	Organophosphorés	30	6070	4,7	1,07
		4	Citron								
		5	Blé tendre	Fongicide	Zacro	Penconazole	triazoles	117	224 à 1789		73
				Insecticide	Endigo	lambda cyhalothrine	pyréthrinoides	100	24,7 .10 ⁴	6,9	0,005
Station 3	Ain zaouïa	6	Blé tendre	Fongicide	Sitra plus	Hexaconazole	triazole	225	1040	3,9	17
				Herbicides	Metrixone	terbuthylazine	Triazinones	106			8,5
				Insecticide	Diméthoate 40	Diméthoate	organophosphorés	7	20	0,78	25000
		7	Blé dur	Fongicide	indofil folpet wg	Folpet	Phthalimides	16 ,2	7,4à 304	2,85	0,8
				Insecticide	Vertimec®	Abamectine	Avermectine	30	5638	6,37	1.21
				Herbicide	GLITAN	Glyphosate	phosphonoglycines	2,1 à 151	1160 à 59510		12000
Station 4	Tizi n'Tlata	8	Orge	Fongicide.	Mystic 430	Tébuconazole	Triazoles	91,6	191	3,70	32

Les pesticides les plus utilisés dans les parcelles étudiées sont des insecticides. Les herbicides le sont moins. Les organophosphorés sont les plus fréquemment utilisés comme insecticides. La plupart de ces insecticides ont une mobilité limitée.

2. Caractérisation physico-chimique des sols :

Les analyses physico chimiques effectués sur le sol utilisé dans les essais de toxicité sont les suivantes : Granulométrie, Capacité de rétention en eau, pH et le carbone organique totale.

2.1 Potentiel d'hydrogène du sol (pH) :

Les résultats du pH des sols étudiés sont présentés dans la figure 8.

Le pH de la première station pour la zone 1 est 7,03 ce résultat indique un pH légèrement acide, mais encore très proche de la neutralité. Il peut être considéré comme relativement stable et compatible et pour zone 2 le pH =6,80 cette valeur indique également un pH légèrement acide, mais avec une légère baisse par rapport à la première zone. Bien qu'il soit toujours proche de la neutralité.

Pour la deuxième station la zone 1 le pH est 7,11 ce pH est très proche de la neutralité et est considéré comme neutre. Il s'agit d'un résultat relativement stable et indique une substance avec un équilibre acido-basique approprié. Pour la zone 2 le pH=7,35 encore une fois, ce résultat est proche de la neutralité et indique un équilibre acido-basique satisfaisant, et pour zone 3 le pH 7,61 ce résultat montre une légère alcalinité, mais encore très proche de la neutralité. Il peut être considéré comme relativement stable et compatible.

Le pH de la troisième station zone 1 est 7.34 ce pH est proche de la neutralité et indique un équilibre acido-basique approprié. Par contre le pH du zone 2 est 8,06 ce résultat montre une alcalinité modérée. Bien qu'il ne soit pas très élevé, il indique une légère tendance vers l'alcalinité.

Pour la dernière station zone 1 le pH =7,36 ce pH est proche de la neutralité et indique un équilibre acido-basique satisfaisant.

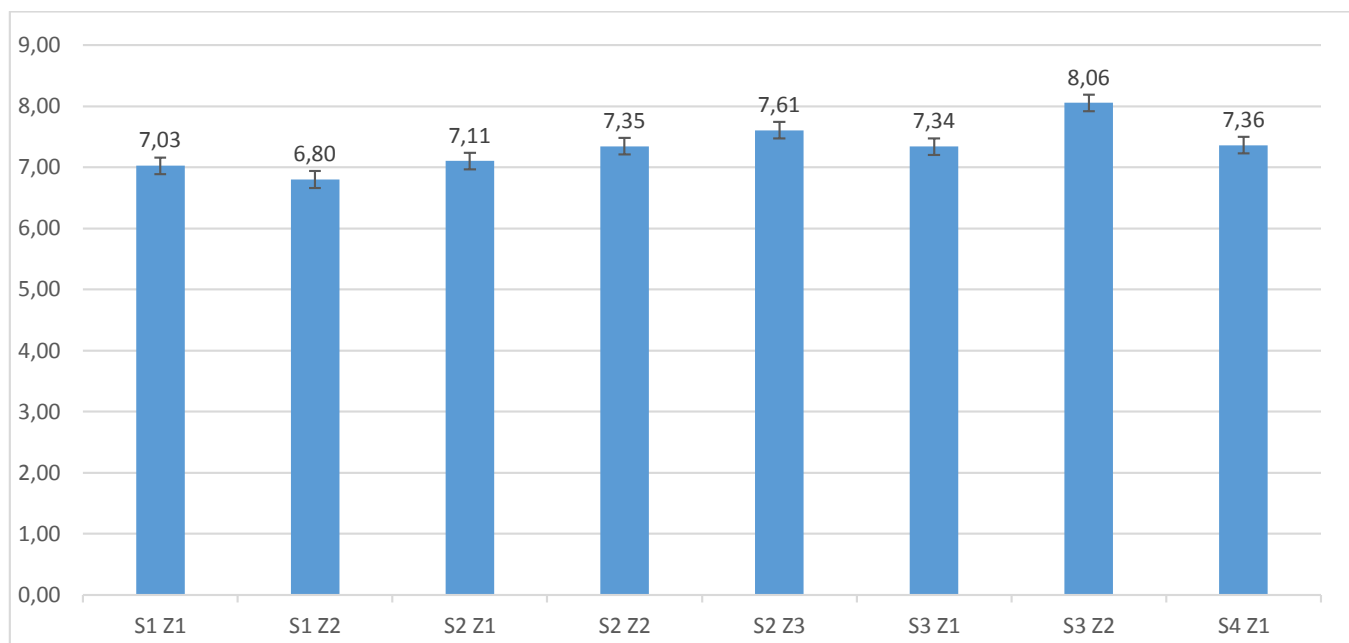


Figure 8 : Résultat du pH.

2.2 L'humidité :

Les résultats du taux d'humidité du sol (voir Fig. 9) révèlent des variations notables entre les différentes zones et stations d'étude. Dans la première station, la zone 1 affiche un taux d'humidité de 34,25%, tandis que la zone 2 présente un taux de 27,65%. Dans la deuxième station, des contrastes marqués sont observés, avec un taux élevé de 42,55% dans la zone 1, mais des valeurs significativement plus basses de 15,93% dans la zone 2 et de 7,91% dans la zone 3. La troisième station montre des valeurs de 39,10% dans la zone 1 et de 28,78% dans la zone 2. Enfin, la dernière station enregistre un taux de 34,51% dans la zone 1.

L'analyse globale suggère des niveaux d'humidité du sol relativement élevés, indiquant une présence substantielle d'humidité dans les sols étudiés. Il est intéressant de noter que la station 2 se distingue particulièrement, avec une zone 1 affichant un taux d'humidité notablement élevé de 42,55%, contrastant fortement avec les autres zones de la même station. À l'inverse, la zone 3 de la station 2 présente le taux d'humidité le plus bas parmi toutes les zones étudiées, avec seulement 7,91%.

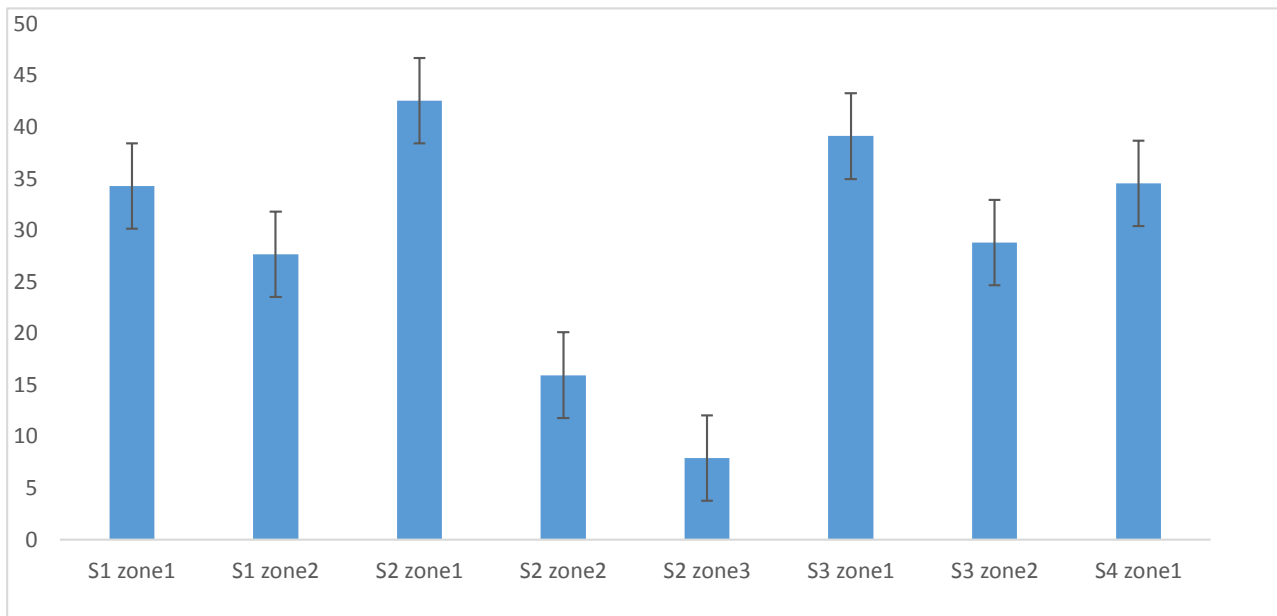


Figure 9 : Taux de l'humidité.

2.3 Analyse Granulométrique :

Les résultats de l'analyse granulométrique du sol nous ont permis de déterminer les différentes proportions de chacun des constituants du sol (Tableau 6).

Tableau 6 : Analyse granulométrique des quatre régions étudiées.

Echantillons	Codification	Lf	Lg	Sg	Sf	A	L	S	Texture
1	S1 zone1	11,70	1,11	16,33	41,05	29,80	12,81	57,39	Limono-argilo-sableuse
2	S1 zone2	13,90	1,10	17,30	35,10	32,60	15,00	52,40	Limono-argilo-sableuse
3	S2 zone1	8,85	1,13	27,11	42,97	19,95	9,98	70,07	Limono-sableuse
4	S2 zone2	7,30	0,51	41,73	29,77	20,70	7,81	71,49	Limono-sableuse
5	S2 zone3	2,75	1,55	60,11	19,24	16,35	4,30	79,35	Limono-sableuse
6	S3 zone1	34,35	6,80	15,04	17,42	26,40	41,15	32,45	Limoneuse
7	S3 zone2	32,10	10,53	13,13	15,34	28,90	42,63	28,47	Limono-argileuse
8	S4 zone1	30,65	4,58	16,20	22,07	26,50	35,23	38,27	Limoneuse

Chapitre III : Résultats et discussion.

Les résultats du tableau indiquent que la première station présente une texture limon argilo-sableuse avec une proportion de sable élevée. La deuxième station présente une texture limon sableuse, également avec un taux de sable supérieur. La troisième station est caractérisée par une zone avec une texture limon et une autre zone avec une texture limon argilo. Enfin, la quatrième station affiche une texture limon.

2.4 Analyse du carbone organique total :

Tableau 7 : analyse du carbone organique total des sols étudiés.

Echantillons	Codification	COT	Normes
1	S1 zone1	2,37%	Riches en MO
2	S1 zone2	2,49%	Riches en MO
3	S2 zone1	1,23%	Riches en MO
4	S2 zone2	1,51%	Moyennement pauvre en MO
5	S2 zone3	1,26%	Moyennement pauvre en MO
6	S3 zone1	2,24%	Riches en MO
7	S3 zone2	2,18%	Riches en MO
8	S4 zone 1	2.49%	Riches en MO

2.5 Analyse de la conductivité électrique :

Tableau 8 : analyse de la conductivité électrique des quatre régions étudiées.

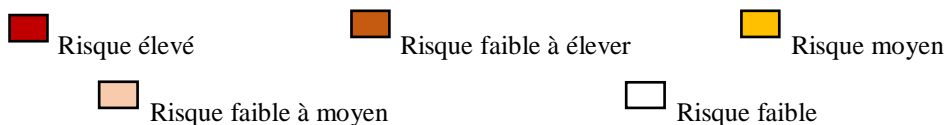
Echantillons	Codification	CE (ds/m)	Normes
1	S1 zone1	0,22	Non salé
2	S1 zone2	0,05	
3	S2 zone1	0,05	
4	S2 zone2	0,11	
5	S2 zone3	0,12	
6	S3 zone1	0,31	
7	S3 zone2	0,56	
8	S4 zone1	0,19	

3. Résultats de l'évaluation du risque :

Le calcul de l'indice de transfert des pesticides du sol vers le sous-sol a donné les résultats consignés dans le tableau 9.

Tableau 9: Indice de transfert des pesticides vers la nappe phréatique.

Station	Zone	Pesticide	Matière active	Famille chimique	Indice de transfert
station 1	1	Diméthoate 40	Diméthoate	Organophosphorés	2,28
	2	Pyrinex ME	Chlorpyrifos	Organophosphorés	3,13
	3	Zacro	Penconazole	Triazoles	1,55 à 3,41
station2	1	Endigo	lambda cyhalothrine	Pyréthrinroïdes	de -2 à 5,21
	2	Sitra plus	Hexaconazole	Triazole	2,31
	3	Metrixone	terbuthylazine	Traizinones	3,07
station 3	1	Diméthoate 40	Diméthoate	Organophosphorés	2,28
	2	indofil folpet wg	Folpet	Phthalimides	1,83 à 3,79
	3	Vertimec	Abamectine	Avermectine	0,37
	4	GLITAN	Glyphosate	Phosphonoglycines	de -0,25 à 2,04
station 4	1	Mystic 430	Tébuconazole	Triazoles	3,37



Il ressort de ces résultats que la zone 2 de la station 1, la zone 3 de la station 2 et la zone 1 de la station 4 sont celles qui présentent le risque le plus élevé de pollution de la nappe phréatique

avec des indices de transfert supérieurs à 3. Ceci est dû au fait que les substances utilisées soient persistantes et faiblement retenues par les colloïdes du sol, même si leur solubilité est limitée.

En revanche, les substances très solubles dans l'eau, comme le diméthoate et le glyphosate présentent paradoxalement un risque moyennement élevé pour l'eau de la nappe. Ceci confirme l'hypothèse les facteurs prépondérants dans le transfert de ces substances vers le sous-sol sont leur persistance et les coefficients de partage entre la phase solide et la phase aqueuse du sol (tableau 4).

La substance qui présente le risque le plus faible est l'abamectine qui est caractérisée par une forte sorption sur la matrice du sol.

4. Discussion :

Le pesticide est une arme à double tranchant. D'un côté, il protège nos cultures contre les organismes de quarantaine et les ennemis de culture et d'un autre côté, il est considéré comme néfaste suite à un excès de dose ou un mauvais usage.

Lors de notre enquête menée à travers la wilaya de Tizi-Ouzou sur l'emploi des pesticides, nous avons pu mettre en évidence plusieurs résultats vis-à-vis des profils des agriculteurs de cette région, les différentes modalités d'emploi des pesticides d'une station à une autre, les matières actives et les familles chimiques utilisées par les agriculteurs.

Les doses ne sont pas toujours respectées, le respect du dosage des produits employés est affirmé par 85 % d'agriculteurs, même s'il est impossible de vérifier leur affirmation, et 15 % d'agriculteurs ont reconnu avoir pratiqué des surdosages et parfois sous dosent, cela est dû à plusieurs raisons comme le faible niveau d'instruction (difficulté de lire sur les notices), l'absence des connaissances nécessaires, et le non suivi des formations. Parfois, le surdosage se fait exprès dans l'objectif de maximiser l'efficacité de ces produits, ce qui peut être la cause de toute forme de résistance par la suite.

Les résultats de notre enquête menée auprès des agriculteurs dans les quatre régions mettent en évidence un non-respect généralisé des bonnes pratiques phytosanitaires et une utilisation anarchique de divers types de pesticides, comprenant 11 substances actives appartenant à 6 familles chimiques distinctes. En particulier, on observe une prédominance marquée des insecticides, avec le Diméthoate 40, appartenant à la famille des Diméthoates, en tant que

substance active la plus couramment utilisée, suivi des fongicides, principalement issus de la famille chimique des Triazoles.

Les résultats de l'évaluation des risques indiquent que les zones 2 d'Idjeur, 3 de Taboukert et 1 de Tizi n'Tlata présentent le risque le plus élevé de pollution de la nappe phréatique, avec des indices de transfert dépassant 3. Cette situation s'explique par la persistance des substances utilisées et leur faible rétention par les colloïdes du sol, malgré une solubilité limitée, ce qui constitue, selon Barrius et al. (1996) Auterives et Baran (2015) des facteurs accentuant les risques de pollution de la nappe phréatique.

D'après nos résultats, les pesticides les plus utilisés dans les parcelles étudiées sont des insecticides. L'utilisation d'insecticides a pour objectif de contrôler et de réduire la population d'insectes nuisibles dans les cultures agricoles, sont des produits chimiques conçus pour éliminer ou prévenir les insectes considérés comme des ravageurs, qui peuvent endommager les cultures et entraîner des pertes de rendement. Ces résultats concordent avec ceux de Daoudi (2021), qui note que les insecticides sont les produits les plus utilisés dans des exploitations agricoles de Ghardaïa.

Les herbicides sont moins utilisés, les agriculteurs préfèrent les herbicides au désherbage manuel, car ils sont plus efficaces et plus faciles à appliquer. Les Triazinones couvrent un grand champ d'utilisation, cependant, plusieurs plantes ont tendance à développer une certaine résistance aux Triazinones ce que peut poser un problème agronomique et environnemental.

Conclusion

L'étude de l'impact de l'utilisation de pesticides dans l'agriculture sur la pollution de l'eau suscite de sérieuses inquiétudes en ce qui concerne son incidence sur l'environnement.

L'enquête que nous avons menée auprès des agriculteurs des quatre régions a permis de noter, le non-respect des bonnes pratiques phytosanitaires et l'utilisation anarchique des différents types de pesticides (11 matières actives appartenant à 6 familles chimiques). Notamment une dominance des insecticides dont les matières actives les plus utilisées, le Diméthoate 40 qui appartient à la famille des Diméthoates, suivi des fongicides dont la famille chimique la plus dominante est les Triazoles.

Il ressort des résultats de l'évaluation du risque que la zone 2 d'Idjeur, la zone 3 de Taboukert et la zone 1 de Tizi n'Tlata sont celles qui présentent le risque le plus élevé de pollution de la nappe phréatique avec des indices de transfert supérieurs à 3. Ceci est dû au fait que les substances utilisées soient persistantes et faiblement retenues par les colloïdes du sol, même si leur solubilité est limitée.

Sur la base des résultats de cette enquête il est recommandé de :

- Mettre en place des mesures de gestion intégrée des pesticides visant à réduire l'utilisation excessive de ces produits chimiques et à promouvoir des alternatives plus durables. Cela peut inclure la promotion de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, comme l'agriculture biologique, l'utilisation de pesticides moins toxiques, la rotation des cultures, la diversification des cultures et l'adoption de méthodes de lutte intégrée contre les ravageurs.
- Sensibiliser et d'informer les agriculteurs sur les risques sanitaires et environnementaux liés à la mauvaise utilisation des produits phytosanitaires.
- Choisir des variétés résistantes aux maladies.
- Renforcer, d'une part des réseaux de surveillance des bio-agresseurs pour adapter au mieux les traitements, et d'autre part des effets indésirables de l'utilisation des pesticides sur les cultures et l'environnement.
- En outre, une réglementation stricte et une surveillance de la qualité de l'eau sont nécessaires pour garantir la protection de cette ressource précieuse et réduire les risques de pollution par

Conclusion

les pesticides. Les politiques de gestion des pesticides doivent adopter une approche préventive, mettant l'accent sur la sensibilisation des agriculteurs, la formation aux bonnes pratiques agricoles et la promotion de solutions alternatives.

- **Autrives C. et Baran N. (2015)** : pressions de impacts des produits phytosanitaires sur les eaux souterraines. Etat de l'art sur les approches méthodologiques. Rapport BRGM/RP-64623-FR 70p.
- **Anonyme, (2008)** : Alimentation, environnement, travail. Portail des bases de données de priorité des pesticides, 54p.
- **Azzouz, 2012** : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (willaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister.UMTO. P75.
- **Barriuso E., Calvet R., Schiavon M., Soulas G. (1996)** : Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformation et dissipation. Etude et gestion des sols. -3(3). Numéro spécial : 279-296.
- **Batsch, (2001)** : L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré-Nancy1, 165 p.
- **Batsch D., (2011)** : L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy, 156p.
- **Bettiche F, 2017**. Usage des produits phytosanitaire dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquence environnementales possibles. Thèse Doctoral,2017 ; p 21.

- **Bordjiba O. et Ketif A, (2009) :** Effet de trois pesticides (Hexaconazole, bromiuconazole et Fluazifop-p-butyl) sur quelques Métabolites physicochimiques du blé dur : *Triticum durum* Desf. *European Journal of Scientific Research*, Vol 107 pp 260-268.

- **Bouziati M. (2007).** La pollution des eaux par les pesticides, une préoccupation pour les chercheurs algériens. Journée scientifique de l'ACEDD, Oran.

- **BONVOISIN N. (2001) :** Transfert des polluants à la nappe : cas de la Picardie. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sci., Amiens, 60 p.

- **Catherine Renaud-rouger et al, 2005 :** Catherine renaud-rouger, Gérard Fabres et bernard J.R Philogène. Enjeux phytosanitaire pour l'agriculture et l'environnement. Ed Tec & Doc Lavoisier. 11, rue lavoisier F-75005 paris .28p.

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

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

- **Cirad, (2000) :** Le devenir dans le sol des produits phytosanitaires in pesticides et protection phytosanitaires dans une agriculture en mouvement. Edition Acta agricole, France, 637p.
- **Commission Européenne. 2007 :** Politique de l'UE pour une utilisation durable des pesticides Historique de la stratégie. Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg. 28 p.
- **Daoudi F. (2021) :** Utilisation des pesticides au niveau des exploitations agricoles de la zone de Ghardaïa. Mémoire de master université de Ghardaïa.87p.
- **DUGENY F, 2010 :** « Produits phytosanitaires ».
- **EL AZZOUZI E. (2013) :** Processus Physico-chimiques d'Elimination des pesticides dans l'environnement : Cas de l'Imazéthapyr. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V – Agdal, Rabat, 108 p.
- **FAO., (2003).** « International Code of conduct on the Distribution and Use of Pesticides (revised version) », Food and Agricultural Organization, Rome.
- **FAO (1990) :** le site Web <http://www.fao.org>.
- **GAGAOUA Y., & OUALI F., (S.D.), (2012) :** Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le bassin versant de la Soummam. Mémoire Master, des sciences biologiques de l'environnement. Université A. Mira. Bejaïa. 47P.

- **Gatignol C. et Etienne J. (2010) :** Pesticides et santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport du Sénat N°421, France, 262p.

- **Gagné C. (2003).** L'utilisation des pesticides en milieu agricole, mémoire présenté à la commission sur l'avenir de l'agriculture et l'agroalimentaire québécois, 16p.

- **Hayo M. G. van der Werf., (1997).** Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement, août 1997, 18p.

- **L'UIPP, (2011) :** L'utilité des produits phytopharmaceutiques. Union des Industries de la Protection des Plantes 6 p. <https://www.uipp.org/> .

- **LNE (2008) :** Les pesticides. Laboratoire national de météorologie d'essai, 15 p.

- **MAAPAR (2011) :** Recherche de résidus de quelques pesticides par couplage CPG/SM dans quelques fruits et légumes. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), 103 p.

- **Matsummura, 1975:** Matsummura Toxicology of insecticide. Plenum Press. New York.1975 In: Catherine renauld-Rouger, Gérard Fabres et bernard J.R Philogéne. Enjeux phytosanitaire pour l'agriculture et

- l'environnement. Ed Tec & Doc Lavoisier. 11, rue Lavoisier F-75005 paris .28p.
- **Nathanaël P., Émilie P., Claire C., Laurence G., Bertrand O., (2007).** Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de l'environnement et la santé – Connaissances des usages en Zone non Agricole », Livre, p. 9
 - **Raouia, (2009) :** Détermination de quelques paramètres biochimiques et des marqueurs du statut redox chez les agriculteurs utilisateurs de pesticides.
 - **Reagnault-Roger, C., Fabres, G. & Philogène, B.J.R. 2008 :** Enjeux phytosanitaire : pour l'agriculture et l'environnement. Paris : Edit. Lavoisier, 1013 p. ISBN : 2-7430 - 0785-0.
 - **Rivière J.L., 1998 :** Evaluation du risque écologique des sols pollués. Association RECORD, Paris : Tee. & Doc. Lavoisier, 1998, 230 p.
 - **Roberts DR, 2001:** Roberts DR.DDT risk assessment. Environmental Health Perspective, Vol 109 pp 302-303.
 - **Tellier, S. 2006 :** Les pesticides en milieu agricole état de la situation environnementale et initiatives prometteuses. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 82 p. ISBN – 13 : 978-2-550-48224-6.

- **Testud, F et Giellet J, P, 2007** : Produits phytosanitaire : Intoxication aiguës et risque professionnel. Ed ESKA.Rue de quatre septembre 75002 Paris. 2007.pp77 -125.

- **Tron, I., Piquet, O. & Cohuet. 2001** : Effets chroniques des pesticides sur la sante : Etat actuel des connaissances. Observatoire Régional de Santé de Bretagne. 88p.

- **Van der Werf H.M.G., 1997.** Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courrier de l'environnement de l'INRA (31) : 5-22.

Annexes

Annexe 01 : Structure de questionnaire.

Questionnaire :

1. Série n :
 2. La date de l'enquête :
 3. Lieu :
 4. Culture (historique) :.....
 5. Depuis quand :.....
 6. Age de la parcelle.....
 7. Maladies :.....
 8. Formation sur l'application des produits phytosanitaires :
 9. Conduite de la culture :
 10. Type de culture :.....
 11. Variété :
 12. Noms des produits utilisés.....
- Insecticides
 - Fongicides
 - Herbicides
 - Acaricides
 - Autre...
13. Quantité de produit utilisé.

Annexe 02 : Classification des pesticides recensés.

Pesticides	Nom commercial	Matière active	Famille chimique
Insecticides	Diméthoate 40	Diméthoate	Organophosphorés
	Pyrinex ME	Chlopyrifos	Organophosphorés
	Endigo	Lambda cyhalothine	Pyréthrinoides
	Vertimec®	Abamectine	Avermectine
Fongicides	Zacro	Penconazole	Triazoles
	Sitra plus	Hexaconazole	Triazole
	Indofil folpet wg	Folpet	Phthalimides
	Mycstic 430	Tébuconazole	Triazoles
Herbicides	Metrixone	Terbuthylazine	Triazinones
	GLITAN	Glyphosate	Phosphonoglycines

Résumé :

Les pesticides et leurs risques sur la santé humaine et l'environnement sont devenus ces dernières années un sujet de préoccupation majeur. Ils constituent un enjeu important pour la qualité de notre alimentation et de notre environnement. Dans ce travail, une enquête est réalisée auprès d'agriculteurs de la wilaya de Tizi-Ouzou, dans le but d'évaluer l'effet des pesticides utilisés dans les différentes cultures céréalières et agrumes sur la pollution de l'eau de la nappe. Les données recueillies montrent que parmi les produits utilisés, les insecticides occupent une place prépondérante suivis des herbicides, Les fongicides sont faiblement représentés. Il ressort de l'étude que les agriculteurs utilisent une gamme assez large de pesticides regroupant 10 noms commerciaux qui renferment 10 matières actives appartenant à 7 familles chimiques. Ce travail a été complété par des analyses du sol. Les données recueillies permettent de calculer l'indice de transfert des pesticides du sol vers le sous-sol. Les parcelles à risque élevé comprennent la zone 2 d'Idjeur, la zone 3 de Taboukert, ainsi que la zone 1 de Tizi n'Tlata.

Mots-clés : transfert, évaluation du risque, fongicides, herbicides, insecticides.

Abstract:

In recent years, pesticides and their risks to human health and the environment have become a major concern. They represent a significant challenge for the quality of our food and the environment. In this study, a survey was conducted among farmers in the Tizi-Ouzou province with the aim of assessing the impact of pesticides used in various cereal and citrus crops on groundwater pollution. The collected data show that among the products used, insecticides play a predominant role, followed by herbicides, while fungicides are less commonly used. The study reveals that farmers employ a fairly wide range of pesticides, encompassing 10 commercial names containing 10 active substances belonging to 7 chemical families. This research was complemented by soil analyses. The collected data allow for the calculation of the pesticide transfer index from soil to groundwater. High-risk plots include Zone 2 in Idjeur, Zone 3 in Taboukert, and Zone 1 in Tizi n'Tlata.

Keywords: transfer, risk assessment, fungicides, herbicides, insecticides.