

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière : Sciences Biologiques**

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Présenté par :

Hadj merabet Sara & Bensaada Silyia

Thème

Contribution à l'évaluation de l'intensité de l'utilisation
des pesticides sur la culture de la pomme de terre dans
la région de Bouira

Soutenu le : 04 / 07 /2023

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
ARAP .A	MCB	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
MAHDJOUB . M.M	MCB	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
BACHOUCHE .N	MCB	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
OULTAF .L	Docteur	<i>Univ .de MMTO</i>	<i>Co - promotrice</i>

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Allah, qui nous a fait ouvrir les portes du savoir, et de nous avoir donné la puissance et la force pour achever nos études.

Nos remerciements à nos chers parents pour leur soutien moral et matériel durant nos études.

Notre sincère gratitude à notre promoteur M. MAHDJOUB pour la qualité de son enseignement, ses conseils et l'intérêt incontestable, qu'il porte à notre étude.

Nous tenons à remercier Mme OULTAF de l'université Mouloud MAMMARI de Tizi – Ouzou -en sa qualité de Co -promotrice, pour ses conseils pleins de sens , sa patience, et pour le suivi et l'intérêt qu'elle a porté à notre travail.

Nous tenons à remercier infiniment les membres du jury :

- Mr ARAP de nous avoir fait l'honneur de présider le jury
- Mme BACHOUCHE d'avoir examiné ce travail.

Nous nous permettons, également de remercier Mme ALLEK inspectrice phytosanitaire exerçant au niveau de la Direction des Services Agricoles de Bouira pour la précieuse aide qu'elle nous a apportée.

Nous remercions aussi les agriculteurs, d'avoir accepté de répondre à nos questions, Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de notre travail.

Nos sincères remerciements vont à M^{me} ALMAS ingénieure de laboratoire au niveau de la faculté ST.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents, pour leur éducation et leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement et l'amour que j'ai pour vous

A mes frères et mes sœurs

À ma grand-mère que j'aime tant

À mes amis et camarades d'études

À tous ceux qui me sont chers

Sarah

Dédicaces

Ce modeste travail que je dédie à :

À mes chers parents ma mère et mon père, pour leur patience, leur Amour, leur éducation et leurs sacrifices, que le bon dieu les protège et leur accorde une longue vie pleine de bonheur et de santé, longue vie.

À mes très chers frères Lounis et Akli, auxquels je souhaite
Beaucoup de succès dans leurs vies.

À ma grand-mère que j'aime tant et mon grand-père

A Mes oncles, Mes Tantes Et toute ma famille.

À toutes mes amies, pour tout ce que nous avons Partagé, échangé ensemble ces petites années. Que Dieu nous Réserve de très belles surprises dans la vie

À mon très cher binôme Sara, pour laquelle je souhaite de réussir sa vie.

A tous mes camarades de la promotion Master2 de biodiversité Et environnement.

À toutes les personnes de près comme de loin qui ont contribué à L'élaboration de ce travail.

Silyia

Liste des abréviations

DDT: Dichlorodiphényltrichloroéthane .

OC : les organochlorés

CCHCT : Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

MAP : le ministère de l'Agriculture et de la pêche.

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

(Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).

MA : matière active.

POP : polluants organiques persistants.

IFT : Indice de Fréquence de Traitement.

ANOVA : Analyse of Variance.

SA : substance active.

IFT_h : l'intensité d'utilisation des herbicides

IFT_i : l'intensité d'utilisation des insecticides

Liste des tableaux

Tableau 01: Principales familles des pesticides (El - Bakouri, 2006).....	05
Tableau 02 : Superficie agricole de la pomme de terre dans les sept régions d'étude (DSA, 2023).....	16
Tableau 03: Nombre de questionnaires utilisés par région	19
Tableau 04: Age des agriculteurs en fonction des régions.....	26
Tableau 05: Les matières actives utilisés et leurs classes toxicologiques selon l'OMS	28

Liste des figures

Figure 01: Voies et processus de diffusion des pesticides dans l'environnement (Blanchoud, 2011).....	07
Figure 02 : le devenir des pesticides dans les sols (Barriuso et al.,1996)	09
Figure 03 : Localisation géographique de la wilaya de Bouira.....	15
Figure 04: Tamisage du sol.....	19
Figure 05 : Mesure du pH	19
Figure 06 : Mesure de la CE à l'aide d'un conductimètre.....	20
Figure 07 : Préparation des échantillons pour la détermination du carbone organique.....	22
Figure 08 : Etalonnage du calcimètre avec le CaCO ₃	23
Figure 09: Préparation du dosage du calcaire de l'échantillon du sol.....	23
Figure10: Niveaux d'étude des agriculteurs	26
Figure 11 : Type de pesticides utilisés dans les sept stations.....	27
Figure 12 : Familles chimiques des pesticides recensés dans la wilaya de Bouira.....	27
Figure 13: Critères de choix lors de l'achat des produits phytosanitaires	31
Figure 14: Mesures de sécurité adoptées par les agriculteurs	32
Figure 15: Répartition de l'IFT total de la pomme de terre dans les différentes parcelles en fonction des stations.....	33
Figure 16: IFT total (moyenne + SE) des sept stations.....	34
Figure 17 : Distribution des IFT moyens de chaque type de pesticide selon les stations.....	36
Figure18 : Boxplots représentant les variations du pH des sols étudiés	37
Figure 19: Boxplots représentant la variation de l'humidité des sols étudiés	38

Figure 20 :Boxplots représentant la variation de la conductivité électrique des sols étudiés.....	38
Figure 21 :Boxplots représentant les variations du carbone et de la matière organique des sols étudiés	39
Figure 22 :Boxplots représentant la variation du calcaire des sols étudiés	40

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les pesticides:.....	3
1.1. Définition:	3
1.2. Classification des pesticides.....	3
1.2.1. Classement par cible:.....	3
1.2.2. Classement par groupe chimique.....	4
1.3. les compositions des pesticides :.....	5
1.4. Intérêt des pesticides.....	6
2. Impacts des pesticides sur l'environnement:.....	6
2.1. Voies de dispersion des pesticides:.....	6
2.2. Contamination des milieux naturels par les pesticides	8
3. Risque des pesticides sur la santé humaine:.....	10
3.1. Toxicités aigue:.....	10
3.2. Toxicité chronique :.....	11
4. Utilisation des pesticides en Algérie :.....	12
5. Réduction de l'utilisation des pesticides	12
5.1. Origine :.....	13
5.2. Définition :.....	13
5.3. Méthode de calcul des IFT:.....	13
5.4. Avantages de l'IFT :.....	13

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude.....	15
1.1. Situation géographique de la wilaya de Bouira.....	15
1.2. Description des zones d'étude.....	16
1.2.1. Station d'Ain Bassam	16
1.2.2. Station d'El Hachimia	17
1.2.3. Station de Bouira.....	17
1.2.4. Station d'Oued El Berdi.....	17

1.2.5. Station d'El Esnam.....	17
1.2.6. Station de Haizar.....	17
1.2.7. Station de Taghzout.....	17
2. Description de l'étude.....	17
2.1. L'enquête.....	18
2.1.1. Objectifs de l'enquête:.....	17
2.1.2. Structure du questionnaire.....	17
2.1.3. Déroulement de l'enquête.....	18
3. Traitement et analyse des données.....	19
4. Analyse physique et chimique du sol	19
4.1. Collecte des échantillons de sol.....	18
4.2. Techniques analytiques.....	18
4.2.1. Préparations des échantillons avant analyse:.....	19
4.2.2. Détermination du pH.....	20
4.2.3. Conductivité électrique (CE).....	20
4.2.4. Humidité	21
4.2.5. Détermination du carbone organique et la matière organique.....	21
4.2.6. Détermination du calcaire total.....	24

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats	26
1.1. l'enquête:.....	26
1.1.1. Age des agriculteurs dans les sept stations:.....	26
1.1.2. Niveau d'étude des agriculteurs:.....	27
1.1.3. Conduite des cultures:	27
1.1.4. Principaux pesticides utilisés dans la culture de la pomme de terre:	27
1.1.5. Pesticides utilisés selon la famille chimique:.....	28
1.1.6. Pesticides utilisés selon la matière active :	29
1.1.7. Les critères de choix des produits:.....	31

1.1.8. Dosage des produits:.....	32
1.1.9. Formation sur l'utilisation des pesticides	32
1.1.10. Mesures de sécurité:.....	33
1.11. Etat sanitaire des agriculteurs:.....	33
1.2. Intensité d'utilisation des pesticides	33
1.2.1. Évolution de l'IFT total.....	34
1.2.2. Évolution des IFT par chaque type de pesticides:.....	34
1.3. Propriétés chimiques du sol:.....	36
1.3.1. PH:.....	37
1.3.2. Humidité	37
1.3.3. Conductivité :.....	38
1.3.4. Carbone organique et matière organique	38
1.3.5. Calcaire total:.....	39
2. Discussion	39
Conclusion	44
Références bibliographiques.....	46
Annexe	

Introduction

Introduction

Après la deuxième guerre mondiale, les pesticides ont contribué à augmenter et à réguler le rendement agricole et ont permis le développement de l'agriculture. L'utilisation des produits phytosanitaires a contribué à éradiquer et limiter les maladies parasitaires très mortelles (Bourbai Ait Hamlet, 2013).

L'utilisation des pesticides augmente au niveau mondial, selon les résultats d'une enquête d'experts mondiaux, depuis 1945, la demande en pesticides est telle que les quantités produites doublent pratiquement tous les dix ans. Ces produits sont utilisés de plus en plus dans les pays développés, au monde, la valeur marchande des produits phytosanitaires est d'environ 32 milliards dollars (Benzine, 2006).

En Algérie, l'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture est en augmentation. Environ 400 produits phytosanitaires sont homologués (Bouziani, 2007), avec une importation annuelle moyenne de 8 827 tonnes de pesticides pour un coût estimé à près de 4,5 milliards de dinars (Anonyme, 2006).

Les produits phytosanitaires ont contribué d'augmenter la production agricole. En effet, les années dernières, la production de la pomme de terre a connu un remarquable développement, avec 50 millions de quintaux par an, pour 180 hectares de terres agricoles nationale (Soudani *et al.*, 2022).

Néanmoins, l'utilisation intensive de différents pesticides peut conduire à une lourde charge sur l'environnement, en particulier dans les agrosystèmes. Dans le secteur agricole, une grande variété de pesticides est utilisée pour augmenter leurs rendements, mais leurs résidus augmentent le niveau de contamination du sol, ce qui peut entraîner directement ou indirectement une pression sur la faune et la flore (Touzout, 2022).

Les résidus de pesticides peuvent se bio-accumuler dans le sol, les cultures cultivées, les micro-organismes au niveau du sol, les micro-organismes aquatiques, l'air et les chaînes alimentaires, et peuvent ainsi persister dans l'environnement pendant plusieurs décennies, entraînant des expositions qui menacent potentiellement la santé humaine (Mcginley, 2023).

En Algérie, les pratiques de protection phytosanitaire mises en place par les agriculteurs sont encore mal connues. Très peu de données sont disponibles ; les quelques enquêtes menées montrent des pratiques inhabituelles et l'utilisation de différents pesticides non

homologués dans plusieurs régions (Belhadi *et al.*, 2016 ;Rahmoune *et al.*, 2020, Oultaf *et al.*,2022).

Les objectifs fixés dans le cadre de cette étude sont, d'abord, à mener une enquête auprès des agriculteurs dans le but de d'identifier les pesticides utilisés dans la culture de la pomme de terre au niveau de sept stations, de la wilaya de Bouira (El Hachimia, El Asnam, Ain Bassam, Bouira centre, Haizar, Taghazout et Oued El Berdi) afin de mettre en évidence les périodes d'application des pesticides, les fréquences d'utilisation et les doses appliquées. Ceci nous permettra de suivre l'évolution de l'IFT pour différentes classes des pesticides, afin de quantifier la variabilité de cet indicateur et la présence de tendances dans l'application des pesticides pour la pomme de terre.

Enfin, en dernière partie, nous avons évalué les résidus des produits phytosanitaires sur le sol, à travers la caractérisation des propriétés chimiques des parcelles de pomme de terre traitées et non traitées par les produits phytosanitaires.

Notre travail est divisé en trois parties. La première partie de ce document est consacrée à un aperçu bibliographique contenant des informations générales sur les pesticides et sur l'indice de fréquence de traitement. Quant à la deuxième partie, elle décrit la zone d'étude et nos processus de travail, et à travers le chapitre trois, nous avons discuté et présenté les résultats obtenus. Enfin nous terminerons notre étude par une conclusion générale.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les pesticides

1.1. Définition

Le mot "pesticide" est un mot dérivé de l'anglais "pest" signifiant "ravageur, nocif" et du suffixe latin « cide » : « tuer », apparu après la deuxième guerre mondiale (Girad, 2020). Les pesticides sont toutes les substances ou produits destinés à prévenir, contrôler ou détruire des organismes considérés comme nuisibles. Le terme de pesticide regroupe les produits phytosanitaires les plus couramment utilisés (usage agricole) ainsi que les produits à utilisation non agricole (biocides) (Baudry *et al.*, 2021).

L'OMS et le FAO définissent le pesticide comme « toute substance ou association de substances biologiques ou chimiques, qui est destinée à détruire, repousser ou combattre les organismes nuisibles ou comme régulateur de croissance des plantes » (Wallet, 2020).

1.2. Classification des pesticides

Les substances actives peuvent être classées selon la nature des espèces qu'elles sont destinées à combattre (classement par cible) ou selon la nature chimique des principales substances actives qui les composent (classement par groupe chimique) (Berrazoum, 2017).

1.2.1. Classement par cible

Il existe trois grandes familles des pesticides Selon la fonction de leur cible.

A. Les Herbicides

Sont des substances utilisées pour lutter contre certaines plantes adventices et les 'mauvaises herbes', qui concurrencent les plantes protégées et diminuer leur croissance. Les herbicides sont de nature différente par rapport aux autres familles de pesticides (Foubert, 2012).

B. Les fongicides

Les fongicides permettent de contrôler le développement des moisissures et des champignons parasites. Parmi les fongicides les plus anciens et les plus couramment utilisés, le benzène, le soufre et ses dérivés, le cuivre, et le triazole (Foubert, 2012), ils peuvent agir différemment sur ces organismes, notamment, en inhibant le système respiratoire et la division cellulaire, et peuvent également perturber la biosynthèse des stérols (Aloui, 2020).

C. Les insecticides

Ce sont des pesticides destinés à lutter contre un large éventail d'insectes, ils peuvent endommager le système nerveux des insectes, provoquant des convulsions et une

paralyse, et éventuellement la mort. Parmi les exemples les plus courants : Lindane, DDT, Aldrin, Chlordane (Yadav, 2017).

1.2.2. Classement par groupe chimique

A. Pesticides organiques

Les pesticides organiques peuvent également être classés en trois classes principales selon la fonction de la famille chimique (Tableau, 1) :

- **Les organochlorés**

Molécule préparée par chloration d'hydrocarbures aromatiques. Historiquement, le DDT a été le premier pesticide synthétique de cette famille, à arriver sur le marché à grande échelle depuis 1945, et il s'est avéré désastreux pour l'environnement à long terme. Leur demi-vie est d'environ 10 ans ou plus, en plus des insectes cibles, ils sont souvent très toxiques pour de nombreuses plantes et animaux, en particulier le phytoplancton (Bouchon, 2003).

- **Les organophosphorés**

Ce sont des esters obtenus à travers la réaction de divers alcools avec l'acide orthophosphorique ou thiophosphorique (TEEP, parathion, malathion, Dimefox, Schradan, Phosdrin, etc.). Ils ont une faible persistance (environ 48 heures dans l'eau), bonne sélectivité vis-à-vis des insectes (Bouchon, 2023).

- **Les carbamates**

En 1957, le carbaryl est le premier carbamate qui a été décrit par H. L. Haynes, après les dithiocarbamates en particules comme l'aldicarbe et le carbofuran (Calvet, 2005). Ces produits se caractérisent par leur variété et leur utilisation non systématique. Ils sont dangereux, plus mobiles et moins persistants que les autres pesticides utilisés (Collet, 1988).

B. Pesticides inorganiques

Sont généralement à base d'éléments chimiques qui ne se décomposent pas, leur utilisation peut avoir des impacts toxicologiques et environnementaux importants. Comme le cas du mercure, du plomb, et de l'arsenic dont l'accumulation dans le sol est hautement toxique (Boland et al., 2004).

Tableau 1 : Principales familles des pesticides (El - Bakouri, 2006).

	Insecticides	Fongicides	Herbicides
Minéraux	<ul style="list-style-type: none"> • Composés arsenicaux • Soufre • Dérivés de sélénium • Dérivés de mercure • Composés fluorés • Composés de base de silice, quartz, manganèse • Huiles de pétrole 	<ul style="list-style-type: none"> • Sels de NH₄, de Ca, de Fe, de Mg, K, Na • Sous forme de Sulfates, de nitrates • Chlorures, Chlorate... 	<ul style="list-style-type: none"> • A base de soufre • Sel de Cuivre • Composés arsenicaux • Huiles minérales
Organique	<ul style="list-style-type: none"> • Organochlorés • Organophosphorés • Carbamates 	<ul style="list-style-type: none"> • Phytohormones • Dérivés de pyrimidines • Carbamates • Triazines et Diazine • Dérivés de l'urée • Dérivés des dicarboximides • Dérivés des thiadiazine et Thiadiazoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbamate et Dithiocarbamates • Dérivés des benzène • Dérivés des quinones • Toluidines • Benzonitriles • Amides • Organophosphorés
Divers	<ul style="list-style-type: none"> • Pyréthriinoïdes de synthèse • Produits bactériens • Répulsif 	<ul style="list-style-type: none"> • Dicamba • Pichlorame • paraquat 	<ul style="list-style-type: none"> • Carboxines • Chloropicrine • Doguanides

1.3. Composition des pesticides

Les pesticides sont composés d'un ensemble de produits comprenant :

- **La matière active (MA)** : il s'agit de la partie la plus efficace et la plus importante du produit, car il s'agit d'un produit chimique toxique qui contrôle/tue les parasites ciblés.
- **Le Solvant** : Il s'agit d'une substance chimique appliquée pour dissoudre la matière active afin qu'il soit sous forme liquide, et peut être toxique et classer dans les substances dangereuse comme le toluène et le xylène.

- **L'adjuvant** : c'est une substance chimique ajoutée à un pesticide pour les rendre plus efficaces, uniquement en présence d'ingrédients actifs de pesticides tels que le piperonylbutoxide (Anonyme, 2021).

1.4. Intérêt des pesticides

Les pesticides sont utilisés depuis plus d'un siècle (Calvet, 2005), Il s'agit de formulations contenant une ou plusieurs substances actives destinées à (Blanchoud, 2011) :

- Protéger les plantes de la concurrence de nombreuses espèces nuisibles, maladies (champignons, bactéries, virus), qui peuvent entraver ou empêcher le développement normal des cultures agricole (Boland et *al.*, 2004).
- Permet de récolter régulièrement dans le temps ,il protège les plantes des différentes agressions pouvant survenir à n'importe quel stade de la culture (Christophe, 2017) .
- Augmentation considérable du rendement et de la régularité, et accroître la production (Anonyme, 2010).
- Rôle sanitaire à grande échelle, comme le DDT qui a permis de lutter efficacement contre les moustiques, vecteur du paludisme qui tue en moyenne 1 million de personnes chaque année, ainsi, en septembre 2006, l'OMS a recommandé l'utilisation rationnelle du DDT pour réduire le nombre de décès dus au paludisme, recommandant l'évaporation du DDT dans les zones touchées par l'épidémie, et également dans les maisons situées dans certaines zones à haut risque surtout en Afrique (Christophe, 2017).

2. Impacts des pesticides sur l'environnement

Malgré les avantages et les bienfaits des pesticides, une application incorrecte peut avoir des effets graves et nocives sur l'environnement et même sur les systèmes vivants (Lindquist, 2000).

2.1. Voies de dispersion des pesticides

Les pesticides sont soumis à de multiples processus chimiques, physiques et biologiques qui affectent leur dégradation et leur transport vers d'autres zones de l'environnement. (Mamy, 2011), lorsque la matière active a été déposée, son transfert peut s'effectuer par plusieurs voies (Benzine, 2006) (fig.01) :

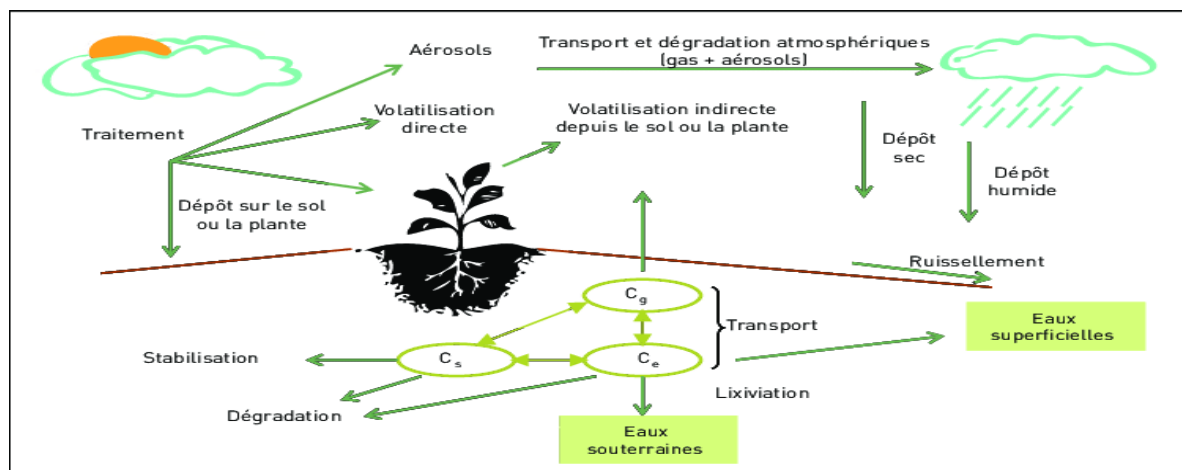


Figure 01: Voies et processus de diffusion des pesticides dans l'environnement (Blanchoud, 2011).

2.1.1. Par le vent

L'entraînement des pesticides dans l'atmosphère est dû à la dérive d'embruns lors du traitement, ou des fractions volatilisées au niveau des parcelles cultivées. La volatilisation des pesticides dépend de leur tension de vapeur, de conditions locales comme le renouvellement de l'air, la température, l'adsorption sur les plantes (Collet, 1988). Le vent transfère les pesticides sous forme particulaire gazeuse et vapeur d'eau, et parfois, ils sont diffusés longuement, puis tombent essentiellement sous forme humide dans les pluies, les brouillards ou les neiges (Briand *et al.*, 2002).

Par exemple, parmi les polluants organiques persistants sont les pesticides organochlorés (POP), qui peuvent migrer jusqu'aux pôles (Blanchoud, 2011).

2.1.2. Par l'eau

De nombreuses molécules de pesticides sont très peu solubles dans l'eau, cependant elles sont facilement transportées à travers les eaux, soit dissoutes dans les huiles utilisées comme excipients, mais surtout adsorbées sur les particules argileuses, soit par ruissellement ou lixiviation (Bouchon, 2003).

Les quantités de pesticides transférées dépendent essentiellement des conditions météorologiques après la période du traitement (Edelahi, 2004).

2.1.3. Par les chaînes alimentaires

L'alimentation c'est une autre voie pour l'absorption des quantités de pesticides sur le long terme (Briand *et al.*, 2002). Une culture traitée contient des résidus de pesticides (surtout les pesticides persistants).

Un résidu est une substance chimique, qui accumulée sur la culture, dans les plantes ou dans le sol (Bolande *et al.*, 2004).

Comme les organochlorés qui s'accumulent dans les tissus et qui sont interdites. Les fruits et légumes peuvent être également contaminés. Ces substances se retrouvent dans le lait maternel et même dans le sang humain (Blanchoud, 2011).

2.2. Contamination des milieux naturels par les pesticides

L'utilisation intensive des pesticides (herbicides, fongicides, insecticides...) conduit à une contamination des trois compartiments de l'environnement : l'eau, le sol, et l'air (Briand *et al.*, 2002).

Dans les pratiques agricoles le potentiel de contamination dépend de plusieurs paramètres (quantités apportées, travail du sol, dates d'application), l'aménagement du paysage (fossés bandes, enherbées, etc.) les propriétés physicochimiques des pesticides (demi vie ...) et du sol (teneur en matière organique, texture, présence de macropores, état hydrique au moment de l'application, aussi des conditions climatiques et hydrologiques (température, intensité et la durée des pluies, etc.) (Gouy, 2008).

2.2.1. Contamination de l'eau

L'eau est le compartiment le plus concerné de la contamination par les pesticides (Blanchoud, 2011). L'eau peut provoquer la diffusion des produits phytosanitaires dans l'environnement par le ruissellement et lixiviation. Le ruissellement contamine les eaux de surface, en revanche, la lixiviation ou la percolation contamine les eaux souterraines (Van Der Werf, 1997). Néanmoins, des échanges existent entre les deux zones hydrologiques (Alix *et al.*, 2005).

Le pesticide entraîne en profondeur (Blanchoud, 2011), provoquant la contamination des sources d'eau potable telles que les puits (Giroux, 2003).

2.2.2. Contamination de l'air

Les pesticides ont présenté dans toutes les phases atmosphériques à des concentrations variables à la fois temporellement (parfois avec des caractéristiques saisonnières, liées aux cycles d'application) et spatialement (selon la proximité de la source), l'air peut être pollué localement ou loin du site d'application. Des composés peu volatils ont été observés, à des

concentrations qui sont restées à des niveaux significatifs pendant plusieurs jours après le traitement (Maysloun, 2008).

2.2.3. Contamination de sol

Le sol joue un rôle central dans la régulation du devenir des pesticides dans l'environnement, remplissant un double rôle de stockage et d'épuration (Barriuso *et al.*, 1996). En particulier, le comportement des pesticides est contrôlé par le phénomène de rétention et de décomposition dans les composants du sol (matière organique, argile) (fig. 2) (Mamy, 2011).

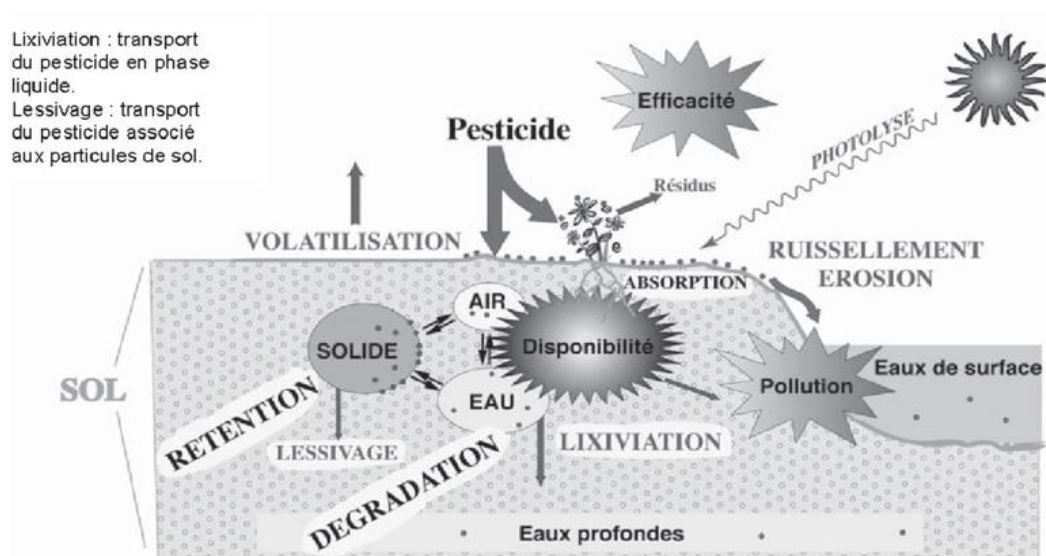


Figure 02 : le devenir des pesticides dans les sols (Barriuso *et al.*, 1996).

Dans les conditions habituelles de traitement des sols humides, les matières premières adsorbées sont difficiles à extraire. Ce stock du sol, qui peut être soustrait à la biodégradation, peut être une source de libération progressive de matières actives dans l'environnement, contribuant à une pollution chronique à moyen et long terme (Cattan, 2003)

Les pesticides peuvent avoir un impact négatif sur les services éco systémiques du sol, tels que la biodégradation des substances, la fertilité du sol : en inhibant la croissance et le développement des bactéries qui dégrade les substances chimiques dans le sol (Isenring, 2010).

2.2.4. Impact sur la biodiversité

A. Effet sur les végétaux

L'utilisation des pesticides a entraîné une diminution remarquable du nombre d'espèces végétales non ciblées dans les surfaces agricoles (Foubert, 2012). Aujourd'hui, certains végétaux non cultivés sont menacés d'extinction en raison de l'abandon des exploitations agricoles mixtes et de l'utilisation croissante des herbicides.

Certains herbicides sont très toxiques pour les végétaux même à très faibles doses, par exemple : les sulfamides et l'imidazolinone affectent le développement des algues et les micro-algues, réduit l'abondance du phytoplancton microbien en augmentant les cyanobactéries (Isenring, 2010).

B. Effet sur les animaux

Les pesticides provoquent un danger à long-terme pour les oiseaux, les mammifères, les poissons et les amphibiens, entraînant potentiellement un déclin important des populations (Isenring, 2010), en provoquant des modifications des réseaux trophiques, des habitats, et des changements dans la structure des populations (perturbations des relations compétitives entre les espèces et les relations prédateur-proie) (Foubert, 2012).

Les pesticides, même à très faibles doses, ont la capacité de perturber, le développement des organismes, la dérégulation de l'équilibre hormonal ou endocrinien, et un grand nombre de fonctions vitales telles que la croissance, le comportement et le développement sexuel (Foubert, 2012). Par exemple : l'utilisation des insecticides perturbent parfois très sévèrement les insectes pollinisateurs, des perturbations pouvant affecter le potentiel reproducteur des insectes mellifères ou leur comportement alimentaire, comme l'exemple de l'abeille domestique, on peut citer la mortalité larvaire maximale, le dépeuplement rapide des nids suite à la mort des adultes (Tasel, 1996).

3. Risque des pesticides sur la santé humaine

Selon l'OMS, chaque année le nombre de contaminations par les produits phytosanitaires est d'environ 1 à 5 millions, avec des milliers de cas mortels (Rhalem *et al.*, 2009). Les effets produits par le traitement de ces pesticides peuvent être une toxicité aiguë ou chronique (Boland *et al.*, 2004).

3.1. Toxicités aiguë

Les symptômes d'intoxication aiguë peuvent apparaître après l'exposition aux pesticides dans quelques minutes ou quelques jours. L'empoisonnement aigu après une seule

exposition à un insecticide, avec des conséquences immédiates à fortes doses, se produit généralement après un accident ou en raison de mesures préventives insuffisantes lors de l'utilisation (Bolande *et al.*, 2004). L'intoxication par les pesticides se fait généralement par voie orale 88,2 % ou respiratoire (6 %), et rarement cutanée (0,3 %) ou oculaire (0,1 %) (Achour *et al.*, 2011).

Les symptômes généralisés d'un empoisonnement aigu sont :

- **Symptômes d'une intoxication légère**

Fatigue, vertiges, maux de tête, diarrhée, perte d'appétit, transpiration excessive, irritation de la peau, du nez, des yeux, et de la gorge.

- **Symptômes d'empoisonnement grave**

Tremblements et tressaillements des muscles, pupilles rétrécies, vue floue, crampes d'estomac, difficultés respiratoires, transpiration abondante, vomissements, tressautements,

- **Symptômes d'intoxication extrêmement grave**

Arrêt respiratoire, convulsions, perte de conscience, pas de pouls (Bolande *et al.*, 2004).

3.2. Toxicité chronique

Il s'agit de la toxicité qui résulte d'une exposition à long terme à de petites quantités de substances qui s'accumulent dans le corps. Les effets chroniques (faibles doses à long terme) surviennent généralement des jours ou des années après l'exposition aux pesticides (Giroux, 2004).

La toxicité chronique peut entraîner divers problèmes de santé, notamment :

- **Les cancers**

Certains pesticides sont cancérigènes, et peuvent être responsable du développement du cancer du sein (Girard *et al.*, 2020), le développement du cancer du cerveau, des lymphomes chez l'enfant (Gamet –Payrastre, 2011).

- **Troubles neurologiques**

Le développement des troubles neurologiques comme la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson qui sont les troubles les plus fréquents (Thany *et al.*, 2013).

- **Problèmes de fertilité**

L'exposition aux pesticides provoque des problèmes de fertilité chez les femmes et les hommes (Bouziani, 2007), la perturbation des fonctions de reproduction (Carpentier, 2005), des anomalies des organes reproducteurs et l'anomalie congénitale (Foubert, 2012).

Chez les femmes enceintes : malformations congénitales, avortements spontanés, réduit du poids de naissance ou de la durée de gestation (Van –Der –Werf, 1997).

- **Changements fonctionnels**

Ils surviennent après la naissance et affectent le système reproducteur, le métabolisme et la croissance, le développement psychomoteur et intellectuel (Isabelle *et al.*, 2013).

- **Système immunitaire**

Dysfonctionnements du système immunitaire, donc la sensibilité aux maladies infectieuses à cause de l'exposition prolongée aux pesticides (Bouziani, 2007).

4. Utilisation des pesticides en Algérie

En ces dernières années, les pratiques agricoles algériennes ont connu un développement significatif de la production, des rendements et également de l'utilisation des pesticides cependant, afin de maximiser les rendements, certains agriculteurs utilisent les produits phytosanitaires plus fréquemment et en plus grandes quantités que recommandé. En effet, selon la FAO, le marché algérien des pesticides représente 6,09% du marché africain, alors que le marché africain représente 4,14% du marché mondial (Saidi, 2017).

Ainsi, environ 400 produits sont homologués en Algérie, dont environ 40 sont largement appliqués par les agriculteurs. La loi n° 87-17 du 1er août 1987, relative à la protection phytosanitaire, a établi au préalable un mécanisme permettant l'utilisation raisonnable des pesticides. Cette loi régit tous les aspects liés à l'homologation, la fabrication, l'importation, l'étiquetage, la commercialisation, l'emballage et l'utilisation des pesticides.

En Algérie, l'utilisation de pesticides a continué d'augmenter dans plusieurs domaines et en grandes quantités (Bouziani, 2007).

5. Réduction de l'utilisation des pesticides

Afin d'assurer le caractère durable de la production agricole et réduire le danger potentiel que les pesticides peuvent présenter vu leurs propriétés (éco) toxicologiques, plusieurs indicateurs ont été évalués telles que l'indice de fréquence de traitement (Pussemier, 2004).

5.1. Indice de fréquence de traitement [IFT]

5.1.1. Origine

Au milieu des années 1980 au Danemark, l'indicateur de fréquence de traitement (IFT) a été développé, afin de répondre à l'utilisation intensive des produits phytosanitaires utilisés à faible grammage qui n'était pas reflétée dans les statistiques danoises sur les ventes totales de substances actives. Le ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP) et institut national de la recherche agronomique (INRA) ont conduit un travail ensemble autour d'un indicateur d'origine danoise, qui est l'indicateur de fréquence de traitement (IFT) (Brunet *et al.*, 2007).

5.1.2. Définition

L'IFT reflète l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture, exercée à l'échelle de la parcelle, sur l'environnement (Barriuso *et al.*, 1996).

L'indicateur de fréquence de traitement (IFT) calcule le nombre de doses homologuées (DH) appliquées sur un hectare lors d'une campagne de plantation (Brunet *et al.*, 2007). La dose homologuée est définie comme la dose efficace d'application d'un produit sur une culture et pour un organisme cible spécifique (Barriuso *et al.*, 1996).

5.1.3. Méthode de calcul des IFT

L'IFT est l'ensemble des doses homologuées appliquées par hectare chaque année. Pour une substance active donnée (SA), l'IFT élémentaire est donné par la formule générale suivante :

$$\text{IFT} = (\text{Dose appliquée} \times \text{Surface traitée}) / (\text{Dose homologuée} \times \text{Surface totale de la parcelle})$$

L'IFT global de la culture, des parcelles ou de l'exploitation, considérée est la somme des IFT élémentaires (Martin *et al.*, 2012). L'IFT peut être calculé globalement ou pour une catégorie spécifique de produits phytosanitaires (Brunet *et al.*, 2007).

5.2.4. Avantages d' l'IFT

- ✓ Cet indicateur permet d'évaluer la pression moyenne des pesticides dans les grandes villes et de comparer la dépendance des systèmes de culture aux pesticides (Anonyme, 2010).
- ✓ L'IFT permet l'agrégation de différents ingrédients actifs pour refléter la force de l'activité biologique des pesticides utilisés pour traiter les organismes cibles (Brunet *et al.*, 2007).
- ✓ Evaluer l'intensité d'utilisation des pesticides, comparer les pratiques avec les références régionales ou territoriales et suivre dans le temps

- ✓ A l'échelle international, diverses travaux sur l'IFT pourraient également constituer un indicateur de développement durable (Martin *et al.*,2012).

Chapitre II

Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

Dans l'objectif d'évaluer l'intensité d'utilisation des pesticides, nous avons recensé les produits phytosanitaires utilisés sur la culture de pomme de terre, au niveau de sept stations agricoles (El Hachimia, El Esnam, Ain Bassem, Bouira centre, Haizar, Oued El Berdi et Tagzout), localisées dans la wilaya de Bouira.

Ce chapitre expose l'approche méthodologique de notre mémoire et donne des généralités sur les sept stations d'études.

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique de la wilaya de Bouira

Notre étude s'est déroulée au niveau de wilaya de Bouira (Fig.3), située dans la région Nord - Centre du Pays. Entourée par des chaînes montagneuses du Djurdjura et des Bibans, elle est délimitée :

- Au Nord par : les deux wilayas de Boumerdès et de Tizi Ouzou
- A l'Est par : les deux wilayas de Béjaïa et de Bordj Bou Arréridj
- Au Sud par : la wilaya de M'Sila
- A l'Ouest par : les deux wilayas de Blida et de Médéa

Elle est caractérisée par un relief fortement accidenté, son chef-lieu est situé à une altitude de 525m, au bas du piémont Sud-Ouest du Djurdjura dont lala-Khadfdja est le sommet le plus élevé (2308m) (DSP, 2018).

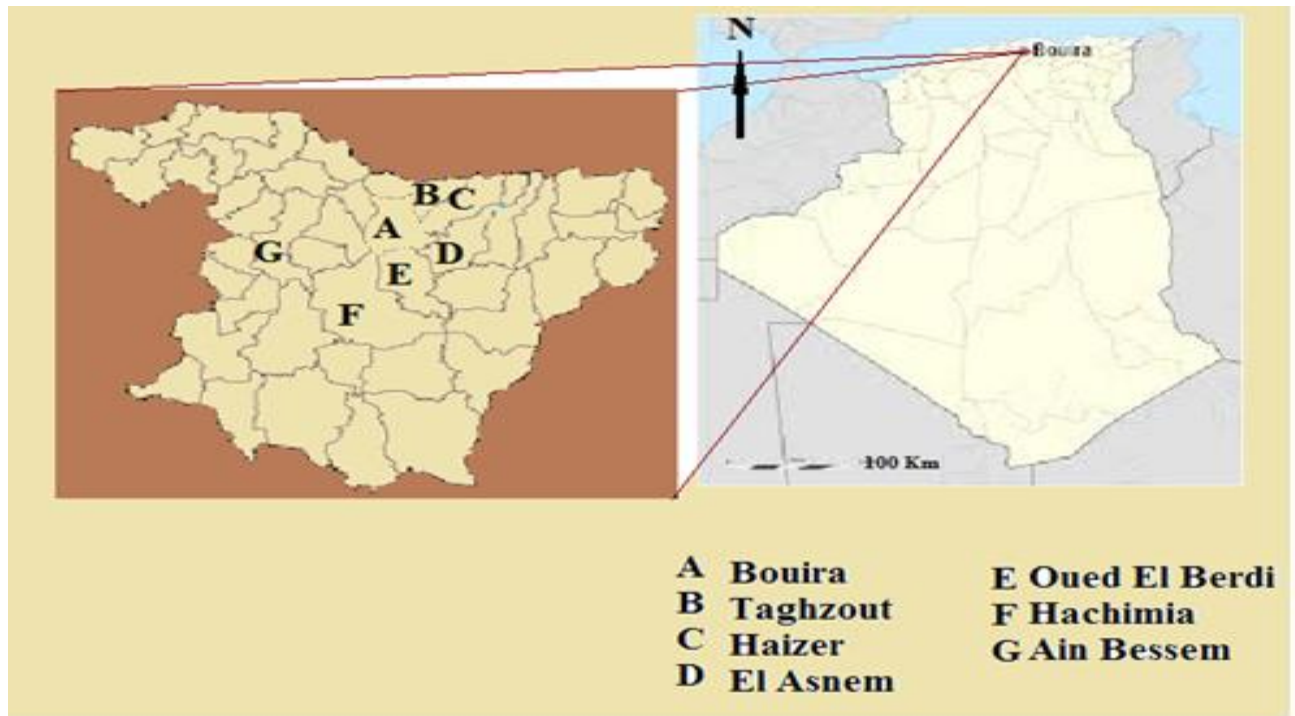


Figure 03 : Localisation géographique de la wilaya de Bouira (Google map, 2023).

1.2. Description des zones d'étude

La Superficie agricole total de la wilaya de Bouira est d'environ 90226 Ha, dont la superficie agricole de la pomme de terre est de 945.5 Ha. Notre étude est réalisée sur sept stations agricoles (tableau 2).

Tableau 2 : Superficie agricole de la pomme de terre dans les sept stations d'étude (DSA, 2023)

Les stations	Bouira	El Hachimia	Ain Bessam	El Esnam	Haizar	Oued El Berdi	Tagzout
Superficie agricole de pomme de terre /Ha	59.5	53	234.5	388.5	64.5	8	18

1.2.1. Station d'Ain Bassam

La ville s'étend sur une superficie de 126 km² et se trouve au centre de six daïras de la wilaya de Bouira. Elle est limitée au nord par Djebahia, à l'est par Ain Aloui, au sud par Sour El Ghozlane et à l'ouest par Birghbalou et khabouzia.

1.2.2. Station d'El Hachimia

Elle est située au sud de la wilaya de Bouira. Elle occupe la superficie de 250 km². Elle est limitée au nord par Ain el Hdjar et Ain Laloui, à l'est par Oued El Berdi, au sud par BourdjOkhris et El Hakimia et à l'ouest par Sour El Ghozlane.

1.2.3. Station de Bouira centre

Elle est située à environ 80 km au sud-est d'Alger, elle occupe la superficie de 97km². Limitée au nord par Ait Laaziz, à l'est par Haizar et Taghzout, au sud par oued el Berdi et à l'ouest par Ain El Hdjar.

1.2.4. Station d'Oued El Berdi

Elle occupe la superficie de 113 km², elle est limitée au nord par Bouira, à l'est par El Asnam et Ahl El Khsar, au sud par Ouled Rahed et à l'ouest par El Hahimia.

1.2.5. Station d'El Esnam

C'est une commune de la Daïra de Bechloul, située à 13 Km au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Bouira, d'une superficie de 85 Km². Elle est limitée au nord par Haizar et Bouira, à l'est par Bechloul, au sud par Ahl El Ksar et à l'ouest par Oued El Berdi.

1.2.6. Station de Haizar

Elle occupe la Superficie 84 km², elle est limitée au nord par Taghzout, à l'est et au sud par El Esnam et à l'ouest par Bouira.

1.2.7. Station de Taghzout

Située à environ 7 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Bouira, elle occupe la superficie de 45 km². Elle est limitée au nord par wilaya de Tizi-Ouzou, à l'est par Haizer, au sud par Bouira et à l'ouest par Ait Lazziz.

2. Description de l'étude

Notre étude comporte deux parties :

- La 1^{ère} partie consiste à mener une enquête auprès des 20 agriculteurs, dans le but de mettre en évidence les pesticides appliqués par ces derniers, à travers un questionnaire adapté, au niveau de sept stations agricoles de la wilaya de Bouira à savoir : El Esnam, Bouira, Ain El Hadjar, El Hachimia, Haizar, Ain Bessem et Taghzout.
- Dans la 2^{ème} partie, nous nous sommes intéressés à l'analyse chimique des échantillons du sol, prélevés sur des parcelles de pomme de terre, traitées par les pesticides (les mêmes stations ou l'enquête a été effectué), et des stations non traitées.

2.1. L'enquête

2.1.1. Objectifs de l'enquête

Le but de notre étude est de mener une enquête au niveau de sept stations agricoles, au niveau de la wilaya de Bouira , auprès des agriculteurs , afin de :

- Recenser et identifier les pesticides les plus utilisés sur la pomme de terre.
- Mettre en évidence les périodes d'application des pesticides, les doses appliquées et les fréquences d'utilisation dans ces zones.
- Suivre l'évolution de l'IFT pour différents groupes de pesticides pour quantifier la variabilité de cet indicateur.

2.1.2. Structure du questionnaire

L'enquête est composée de 16 questions réparties en 03 principaux axes :

1. Informations sur les agriculteurs (niveau d'étude, âge, les variétés cultivées...).
2. La typologie et les types des produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs
3. Les pratiques d'utilisation des pesticides, les surfaces des stations traitées , les doses appliqués par les agriculteurs (voir l'annexe 1).

2.1.3. Déroulement de l'enquête

A l'aide de la Direction des Services Agricole de Bouira que notre travail a été réalisé, s'est étalé sur une durée de deux mois, allant du mois de mars jusqu'à mai, elle a été menée sur la base d'entretiens à travers un questionnaire adapté.

La présente enquête à couvert 20 agriculteurs représentant sept stations de la région de Bouira, présenté dans le tableau 03.

Tableau 03 : Nombre de questionnaires utilisés par station.

Questionnaire Par stations	Bouira	El Hachimia	Ain Bessam	El Esnam	Haizar	Oued El Berdi	Tagzout
	05	03	05	02	02	02	01
Total	20						

3. Traitement et analyse des données

Les données et les informations collectées ont été traitées sous Excel. Un test statistique ANOVA suivi du test de Duncan, sont réalisés afin de comparer les résultats de notre enquête. Les statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel IBM SPSS Statistique 26.

4. Analyse chimique du sol

La caractérisation des propriétés chimiques du sol des stations retenues a été effectuée, à travers l'analyse de 03 échantillons de sol traité et 03 échantillons de sol non traité.

4.1. Collecte des échantillons de sol

La récolte des échantillons du sol destinés aux analyses chimiques, a été réalisée sur les 3 stations ayant enregistrées l'indice de fréquence de traitement le plus élevé (Haizer et Oued El Berdi), et 3 stations non traité.

4.2. Techniques analytiques

4.2.1. Préparations des échantillons

Pour l'analyse des résidus des pesticides dans les sols, les 06 échantillons ont été séchés à l'air libre, puis broyés et tamisés avec un crible de 2mm de diamètre (Fig.04).



Figure 04 : Tamisage du sol.

4.2.2. Détermination du pH

Afin de déterminer le pH du sol, nous avons suivi les étapes suivantes (Melian, 2018) :

- Peser 20 g de terre fine et l'introduire dans un flacon d'agitation.
- Nous avons ajouter 50 ml d'eau distillée et nous avons agité pendant 30 minutes.
- Nous avons laissé au repos pendant deux heures.
- Ensuite, à l'aide d'un pH-mètre à électrode de verre, nous avons mesuré le pH (Fig. 05).



Figure 05 : Mesure du pH.

4.2.3. Conductivité électrique (CE)

Afin de déterminer la CE d'un sol, nous avons suivi les étapes ci-dessous (ISO, 1994). :

- Prendre 20g d'échantillon du sol séchée et nous avons ajouté 100ml d'eau distillée.
- Procéder à une agitation pendant 30min.
- Ensuite nous avons filtré la solution et mesuré la CE avec un conductimètre sur la solution obtenue (Fig.06).



Figure 06 : Mesure de la CE à l'aide conductimètre.

4.2.4. Humidité

Nous avons déterminée l'humidité par la différence entre la quantité humide et la quantité sèche d'un échantillon du sol:

- Nous avons pesé 10 g de chaque échantillon du sol, et mis dans une boîte de Pétri en verre.
- Ensuite, les échantillons sont mettre dans une étuve à une température de 105°C, pendant 24h.
- Enfin les taux d'humidité sont obtenus, selon la formule suivante (Pétard, 1993) :

Humidité

$$= \frac{(\text{masse du contenant} + \text{masse du sol humide}) - (\text{masse du contenant} + \text{masse du sol sec})}{(\text{masse du contenant} + \text{masse du sol sec}) - (\text{masse du contenant})} \times 100$$

4.2.5. Détermination du carbone organique

Pour déterminer le carbone organique dans les échantillons du sol nous avons suivi la méthode de walkley et black (1934).

A. Préparation des réactifs

- **Dichromate de potassium 1 N** : nous avons dissous 49,04 g de dichromate de potassium dans de l'eau distillé et compléter le volume jusqu'à 1 litre.
- **Sulfate ferreux 0,5 N** : nous avons dissous 140 g de sulfate ferreux dans 500 ml d'eau distillé, y ajouter 40 ml d'acide sulfurique concentré et nous avons laissé refroidir. Nous avons complété le volume avec de l'eau jusqu' à 1 litre et bien mélangé.
- **Diphénylamine** : nous avons dissous 0.5 g de diphénylamine dans 100 ml d'acide sulfurique concentré, après nous avons versé la solution dans un flacon brun qui contenant 20 ml d'eau distillée (Anonyme, 2003).

B. Préparation de l'échantillon

Nous avons pesé 1g de sol et mettre dans une fiole conique de 250 ml, y ajouter 10 ml de dichromate de potassium 1 N. Ensuite, nous avons ajouté 20 ml d'acide sulfurique concentré et agité vigoureusement le mélange pendant 1 minute et laisser reposer pendant demi heure (Fig. 07A).

Après repos, nous ajouté 200 ml d'eau, 10 ml d'acide orthophosphorique concentré (Fig. 07B) et 2 ml de la solution indicatrice de diphénylamine (Fig. 07C).

– l'excès de dichromate de potassium est titré avec le sulfate ferreux 0,5 N (Fig. 07 D). Un premier virage de couleur est observé (apparition de la coloration violette ou bleue), la titration est faite lentement jusqu'à l'apparition de la colore verte (Fig. 07E) (Anonyme, 2003).

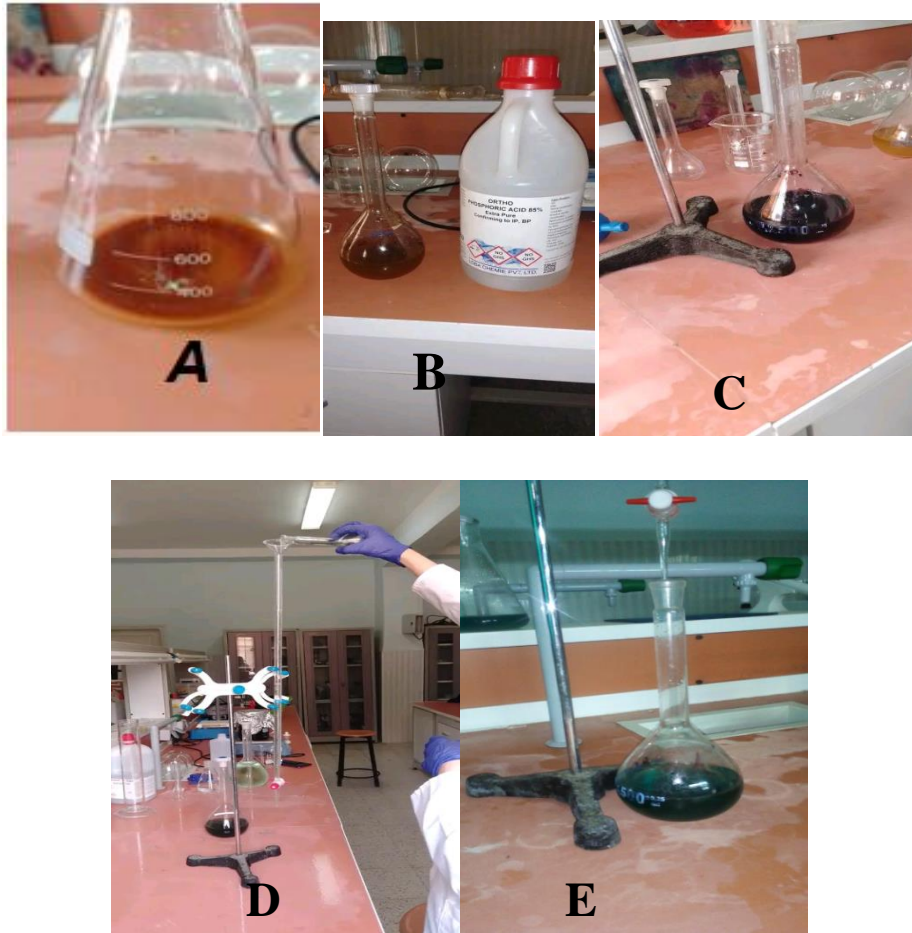


Figure 07 : Préparation des échantillons pour la détermination du carbone organique.

C. Préparation des témoins

Nous avons procédé de la même manière, mais sans l'utilisation des échantillons du sol (Anonyme, 2003).

D. Formule de calcul les résultats

Les quantités de carbone contenues dans les échantillons sont exprimées en pourcentage selon la formule suivante :

$$C\% = \frac{\text{ml dichromate de potassium 1 N en excès } 0.004}{\text{poids du sol (g)}} \times 100$$

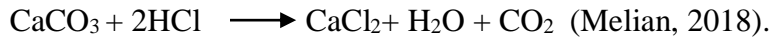
Sachant que :

ml de dichromate de potassium en excès = ml de sulfate ferreux utilisé pour titrer l'échantillon témoin – ml de sulfate ferreux utilisé pour titrer l'échantillon de sol (Anonyme, 2003).

En considérant que la matière organique (M.O) = C × 1,724

5.2.5. Détermination du calcaire total

La méthode utilisée est une méthode volumétrique en utilisant le Calcimètre de BERNARD pour évaluer le teneur de calcaire (CaCO_3) contenu dans un échantillon du sol. Elle est basée sur la réaction caractéristique des calcaires en présence de l'acide chlorhydrique (HCl) :



A. Préparation de l'échantillon

• Essai témoin

- Nous avons rempli le tube gradué avec de l'eau salée jusqu'à la graduation 0 (Fig. 08A).
- Nous avons Placé 0.3 g de CaCO_3 sec et pur au fond de l'erenmeyer.
- Mettre 5ml d'HCl (6N) (50% d'HCl + 50% d'eau distillée) dans le petit tube de l'erenmeyer.
- Boucher convenablement l'erenmeyer en le raccordant au calcimètre (Fig. 08B).
- Régler la position de l'ampoule mobile jusqu'à ce que le niveau du l'eau salée soit au niveau zéro de la colonne graduée (Fig. 08C).
- Nous avons fermé la pince et incliner l'erenmeyer pour verser l'HCl sur le CaCO_3 (Fig. 08D).
- Agiter afin de favoriser la réaction. Le CO_2 dégagé comprime le liquide de la colonne.
- Nous avons abaissé l'ampoule mobile et ramener au même niveau la hauteur du liquide dans l'ampoule et dans la colonne.
- Nous avons noté le volume en ml du CO_2 dégagé (V_1).

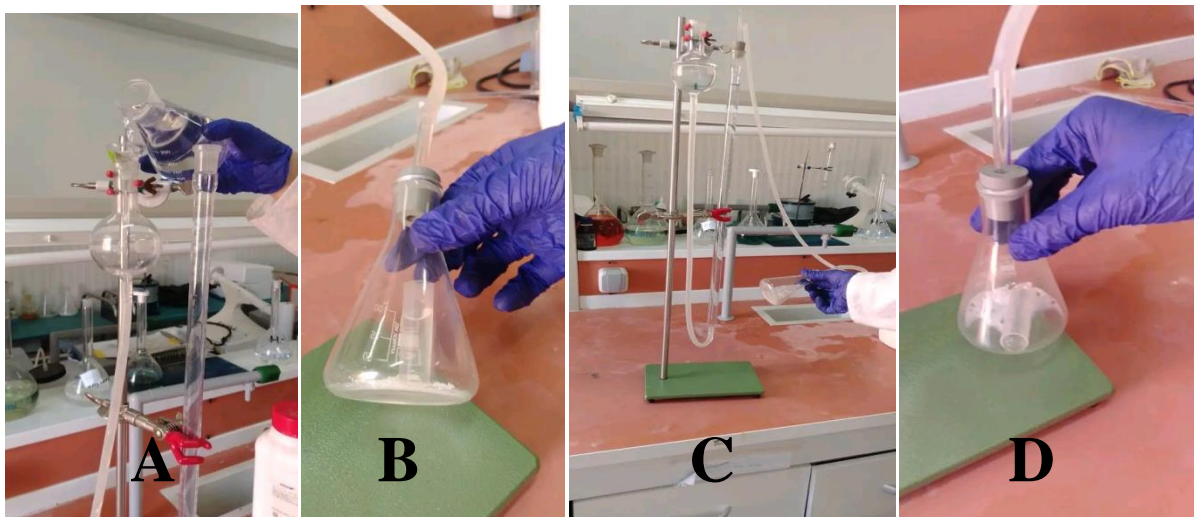


Figure 08:Étalonnage du calcimètre avec le CaCO_3 .

- **Dosage du calcaire dans le sol**

Prélevé un poids P de sol fine (0,25 à 10 g) en fonction de la teneur en CaCO_3 du sol (Annexe 2), (la prise d'essai augmente avec la diminution de la teneur en calcaire du sol). Procéder de la même façon que pour le témoin (fig.9).

Soit V2 le volume de CO_2 obtenu.



Figure 09: Préparation du dosage du calcaire de l'échantillon du sol .

- **Formule de calcul les résultats**

Nous avons calculé le taux de calcaire total selon la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3\% = \frac{P_1 * V_2}{V_1 * P_2} \times 100$$

Sachant que:

V1: volume de CO_2 dégagé par 0.3g de CaCO_3 ,

V2 :volume de CO_2 dégagé par l'échantillon de sol,

P1 : poids de CaCO_3 en gramme (soit : 0.3g)

P2 : poids de la prise d'essai en gramme (sol)

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III: Résultats et discussions

Notre étude consiste, à mener une enquête auprès des agriculteurs dans le but de d'identifier les pesticides utilisés dans la culture de la pomme de terre au niveau de sept stations, de la wilaya de Bouira (El Hachimia, El Asnam, Ain Bassam, Bouira centre, Haizar, Taghazout et Oued El Berdi) afin de mettre en évidence les périodes d'application des pesticides, les fréquences d'utilisation et les doses appliquées. Ceci nous permettra de suivre l'évolution de l'IFT pour différentes classes des pesticides, afin de quantifier la variabilité de cet indicateur et la présence de tendances dans l'application des pesticides pour la pomme de terre.

1. Résultats

1.1. L'enquête

En menant cette enquête nous avons pu récolter d'importantes informations sur l'utilisation des produits phytosanitaires sur la culture de la pomme de terre, notre enquête a été conduite au champ, sur un échantillon de 20 agriculteurs représentant sept stations d'études.

1.1.1. Age des agriculteurs dans les sept stations

La structure de la population des exploitants agricoles, par classe d'âge est très dissemblable entre les sept stations, les pourcentages sont rapportés dans le tableau 04.

Tableau 04: Age des agriculteurs en fonction des stations.

Tranche d'âge	Bouira %	Ain Bassam %	El Hachimia %	El Asnam %	Haizer %	Oued El Berdi %	Tagzout %
21-30	0%	0%	33%	0%	50%	0%	50%
31-40	83%	17%	0%	50%	0%	33%	50%
41-50	17%	17%	67%	50%	50%	67%	0%
51-60	0%	66%	0%	0%	0%	0%	0%
61-70	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Les résultats de l'étude révèlent, que 83% des agriculteurs de la station de Bouira sont âgé de 31 – 40 ans, concernant la station de Ain Bessem la classe d'âge la plus dominante (66%) est entre 51 – 60 ans, et pour la station d'El Hachimia c'est la classe d'âge comprise entre 41 – 50 ans qui domine avec un taux de 67%. Quant aux trois stations d'El Esnam, Haizar et Tagzout, nous remarquons la prédominance de deux tranches d'âges dans chacune des stations.

1.1.2. Niveau d'étude des agriculteurs

Selon notre étude sur les 20 agriculteurs enquêtés, nous remarquons que 45 % d'entre eux ont atteint le cycle secondaire, et 35% ont obtenu un diplôme universitaire, tandis que, 20% déclarent n'avoir pas dépassé le cycle primaire (Fig. 10).

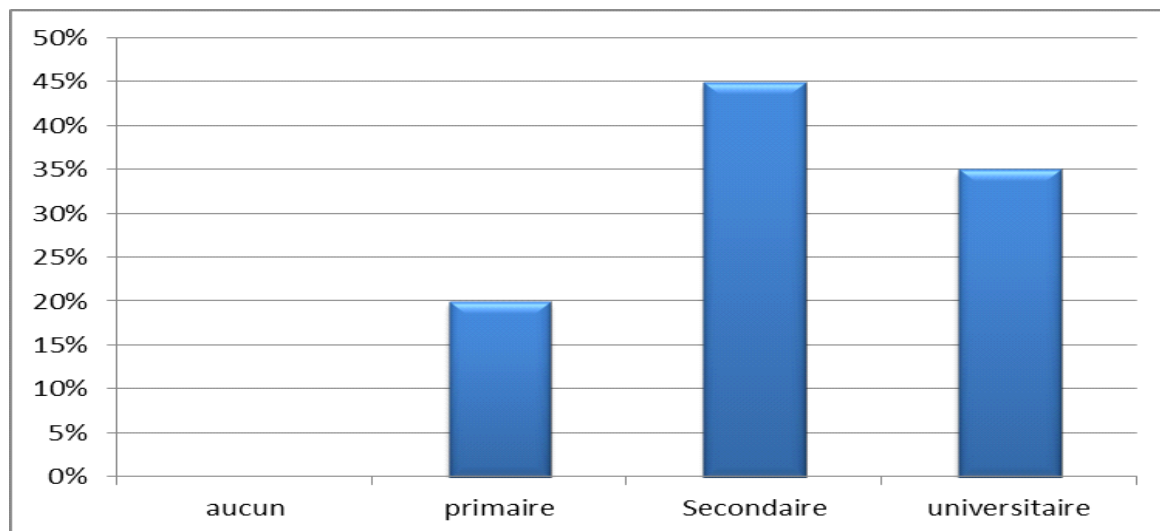


Figure10 : Niveaux d'étude des agriculteurs.

1.1.3. Conduite des cultures

D'après nos résultats, et sur 20 agricultures, 100% des stations de pomme terre ayant fait l'objet de notre étude sont conduites en plein champs.

1.1.4. Principaux pesticides utilisés

Tous les 20 agricultures interrogées et dans les sept stations d'études, utilisent des pesticides pour traiter et protéger la culture de pomme de terre, afin d'assurer un meilleur rendement.

L'analyse de notre étude nous a permis de recenser 20 produits commerciaux, répartis en fonction de leur cible en trois classes : insecticides, fongicides, herbicides. Les fongicides sont la classe de pesticides la plus utilisée dans toutes stations étudiées, avec des taux qui dépassent les 56%, 75% et 66% pour les trois stations de Bouira, Ain Bessem, et El Esnem respectivement (Fig. 11).

En ce qui concerne, les deux autres classes (insecticides, herbicides), et comme le montre la figure suivante, nous n'avons enregistré aucune utilisation d'herbicides dans les régions d'El Hachimia et Ain Bessem et aucune utilisation d'insecticides dans les deux régions de Taghazout et Haizer,

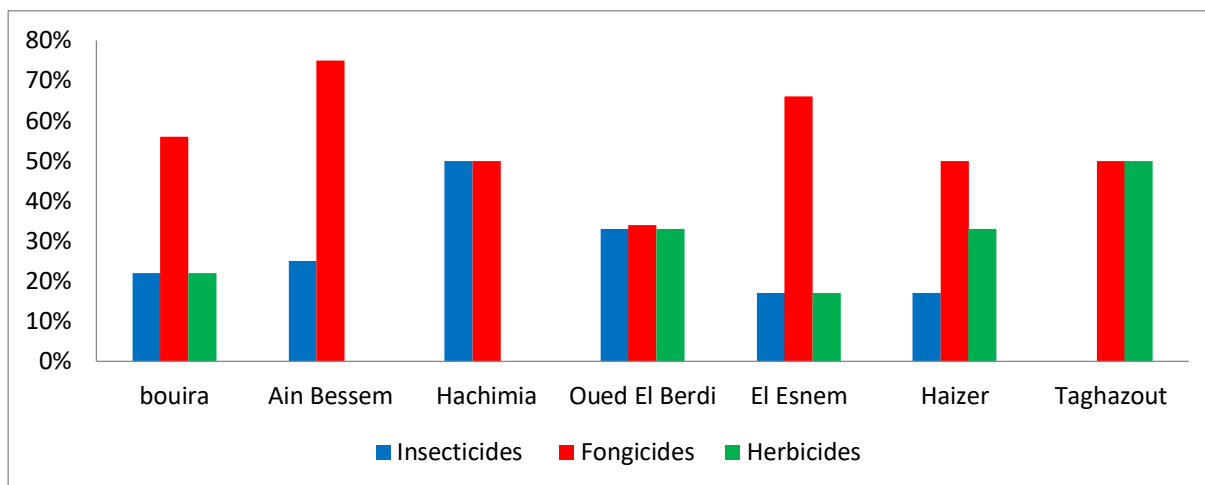


Figure 11 : Type de pesticides utilisés dans les sept régions.

1.1.5. Familles chimiques des pesticides utilisés

Selon nos donnés ,14 familles chimiques a été répertorié dans les sept régions d'études (Fig. 12).

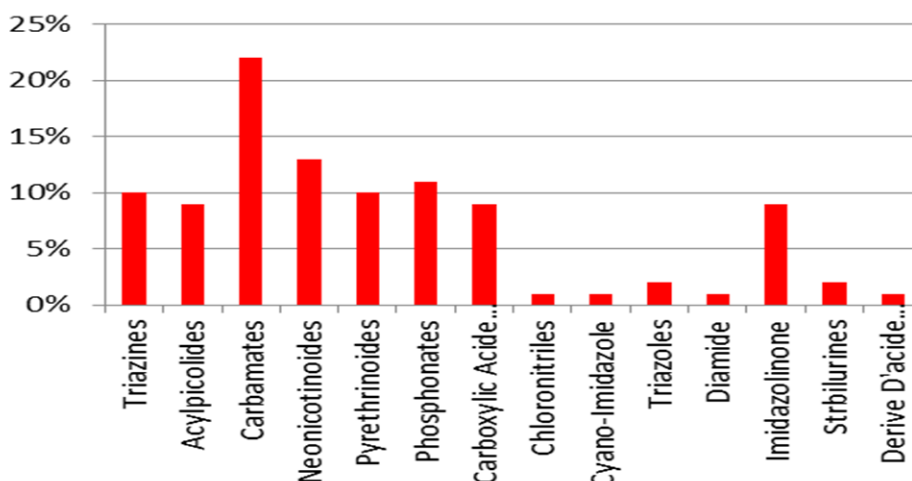


Figure 12 : Familles chimiques des pesticides recensés dans la wilaya de Bouira.

D'après la figure 12, les pesticides utilisés appartiennent majoritairement (22%), à la famille des carbamates, en deuxième position nous retrouvons les néonicotinoïdes avec 13% des substances utilisées, suivis des phosphonates, les triazines, et pyréthrinoïdes qui englobent quant à elles, 11%, 10% et 10% des produits recensés.

1.1.6. Matières actives des pesticides utilisés

Le tableau ci-dessous montre les pourcentages d'utilisation des différentes matières actives recensées dans la région de Bouira.

Tableau 05: Les matières actives utilisés et leurs classes toxicologiques selon l’OMS.

Région	Matière Active	Classe toxicologique	%
El Hachimia	Mandipropamide	U	14
	Fluopicolide	U	14
	Fostyl-Aluminium	U	14
	Chlorentaniliprol	Ø	14
	Fenamidone	III	14
	Propamocarbe	U	30
Total			100%
Ain Bessem	Pyriproxifen	Ø	10%
	Diafenthuron	III	10%
	Fenamidone	III	15%
	Propamocarbe	U	30%
	Fluopicolide	U	15%
	Huile de paraffine	Ø	5%
	l’iprovalicarbe	U	5%
	l’oxychlorure de cuivre	U	5%
	Azoxystrobin	U	5%
Total			100%
El Esnem	Thiaméthoxam	II	11%
	Lamda cyhalothrine	II	11%
	Fluopicolide	U	11%
	Propamocarbe	U	23%
	Mandipropamide	Ø	11%
	Fenamidone	III	11%
	l’iprovalicarbe	Ø	11%
	l’oxychlorure de cuivre	U	11%
Total			100%
Haizer	Fenamidone	III	12.5%
	Propamocarbe	U	12.5%
	Fostyl-Aluminium	U	12.5%
	Metribuzine	II	25%

	Thiaméthoxam	II	12.5%
	Lamda cyhalothrine	II	12.5%
	Mandipropamide	U	12.5%
Total			100%
Oued el Berdi	Lambda- cyhalothrine	II	10%
	Fluopicolide	U	10%
	Propamocarbe	U	20%
	Fostyl-Aliminium	U	10%
	Thiaméthoxame	II	20%
	Metribuzine	II	10%
	Mandipropamide	U	10%
	Azoxystrobin	U	10%
Total			100%
Bouira	l'oxychlorure de cuivre	U	15%
	Fluopicolide	U	15%
	Propamocarbe	U	25%
	Difenoconazole	II	5%
	Cyazofammide	U	5%
	Fenamidone	III	10%
Total			100%
Taghazout	Metribuzine	II	33%
	Fenamidone	III	33%
	Propamocarbe	U	34%
Total			100%

II= modérément dangereux ; III= légèrement dangereux ; U= peu susceptible de présenter un danger aigu en usage normal ; Ø= pas classé par l'OMS.

Les résultats montrent, par matière active individuelle, l'utilisation de 20 substances différentes, appartenant à 4 classes toxicologiques. En effet, les traitements phytosanitaires appliqués sur la pomme de terre sont composés de 06 matières actives dans la station d'El Hachimia, et 08, 09, 07, 08 et 06 matières actives respectivement dans les stations d'El Esnem, Ain Bessem. Haizer, Oued El Berdi et Bouira, enfin, nous retrouvons la région de Taghazout utilisant le nombre de matières actives de plus réduit (03).

Nous remarquons une forte tendance à l'utilisation des pesticides composés de propamocarbe (action fongicide), en effet, cette matière active enregistre les taux d'utilisation les plus élevés, indépendamment de la station d'étude, exceptée la région de Haizer où la matière active la plus utilisée est la metribuzine (25%).

Concernant la toxicité de ces pesticides, environ deux des substances utilisées appartiennent à la classe toxicologique légèrement dangereuse (III), de l'OMS, et la classe II (modérément dangereux) ne contient que quatre substances (Metribuzine, Thiaméthoxame, Difenoconazole, Lamdacyhalothrine.)

1.1.7. Critères de choix des produits

La figure 13 démontre les critères de choix lors de l'achat des pesticides. 64.5% des agricultures affirment que lors de l'achat ils accordent une très grande importance à l'efficacité du produit, et 19.4% des agriculteurs achètent des pesticides en fonction du degré de sélectivité et évitent au maximum que ces derniers soient néfastes. Par contre seulement 9.7% des agriculteurs prennent en considération la toxicité et 3.2% le risque environnemental.

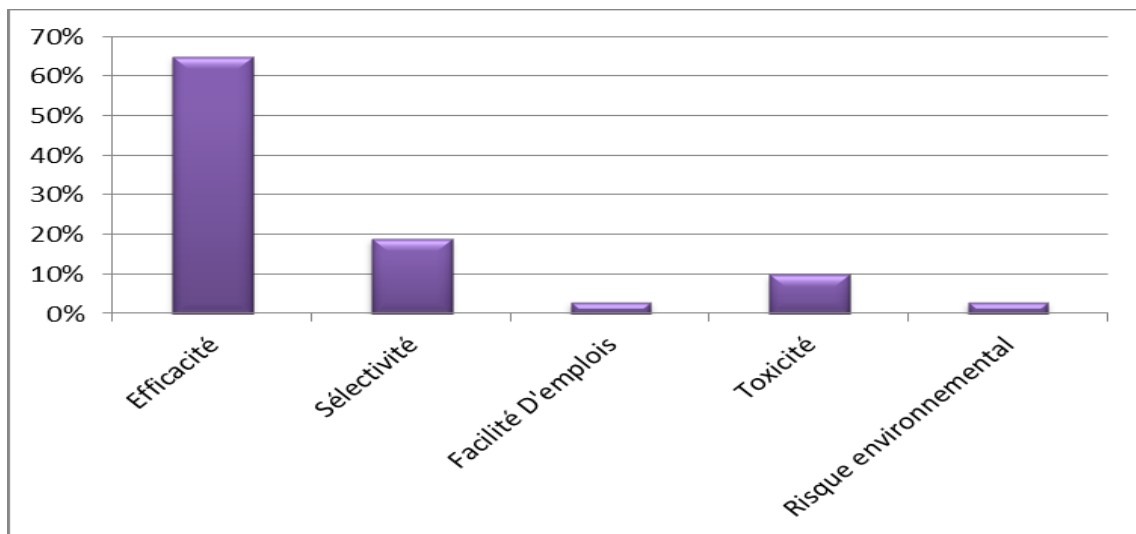


Figure 13 : Critères de choix lors de l'achat des produits phytosanitaires.

1.1.8. Dosage des produits

D'après les déclarations des agriculteurs, 95% des agriculteurs affirment avoir respecté les normes d'utilisation des produits phytosanitaires, tandis que, 5% des agriculteurs questionnés déclarent le non-respect des doses homologuées.

1.1.9. Formation sur l'utilisation des pesticides

Notre étude a révélé que dans les sept régions d'études et sur les 20 agriculteurs enquêtés, seulement 30% étaient formés sur l'application des pesticides, alors que la majorité d'entre eux (70%) n'ont suivi aucune formation.

1.1.10. Mesures de sécurité

D'après nos résultats (fig. 14), tous les agriculteurs dans les sept stations utilisent au moins un moyen de protection lors de l'application des pesticides.

Les masques de protection et les gants sont les mesures de sécurité les plus utilisés avec 26% et 28% d'utilisation, suivis des lunettes avec 18% d'utilisation, les bottes avec 16% et en dernière position les combinaisons avec 12%.

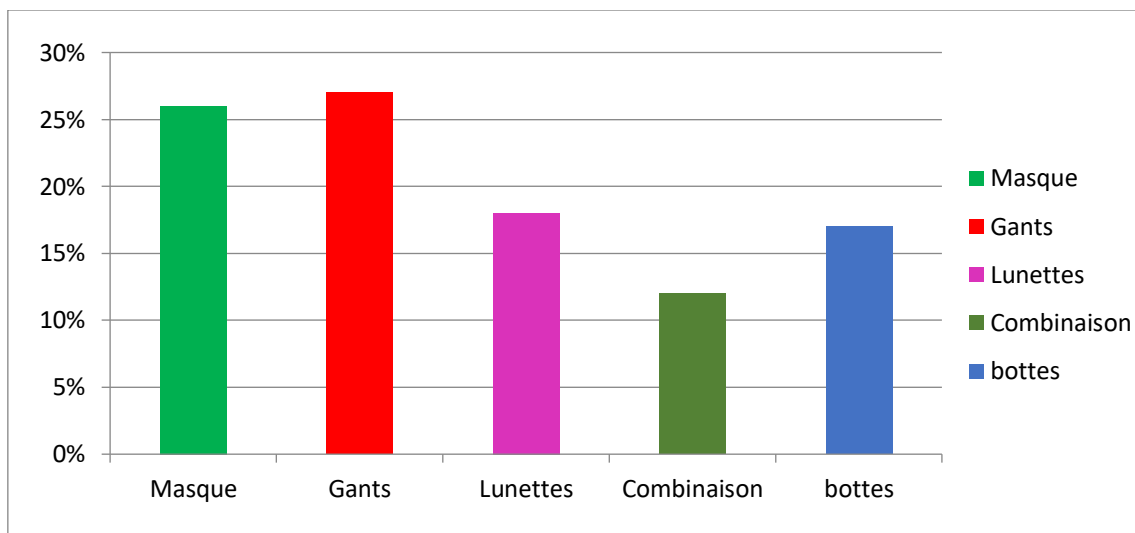


Figure 14 : Mesures de sécurité adoptées par les agriculteurs.

1.1.11. Etat sanitaire des agriculteurs

Après le contact avec les produits phytosanitaires, plusieurs effets et symptômes peuvent apparaître chez les agriculteurs. Néanmoins, 70% des agriculteurs interrogés affirment qu'ils n'ont jamais eu de problèmes de santé liés aux traitements phytosanitaires, par contre, 30% citent quelques effets indésirables comme les allergies, les nausées et les maux de tête.

1.2. Intensité d'utilisation des pesticides

D'après la figure ci-dessous, les valeurs de l'IFT total, indiquant l'intensité des traitements phytosanitaires, sont très variables d'une station à une autre, et d'une station à une autre, la valeur la plus élevée est de 14, enregistrée dans la région de Haizer, en seconde position nous retrouvons une parcelle d'Oued El Berdi avec une valeur de 12.75, tandis que les taux

d'utilisation les plus faibles ont été rapportés pour la stations de El Hachimia, avec un IFT de l'ordre de 0.83.

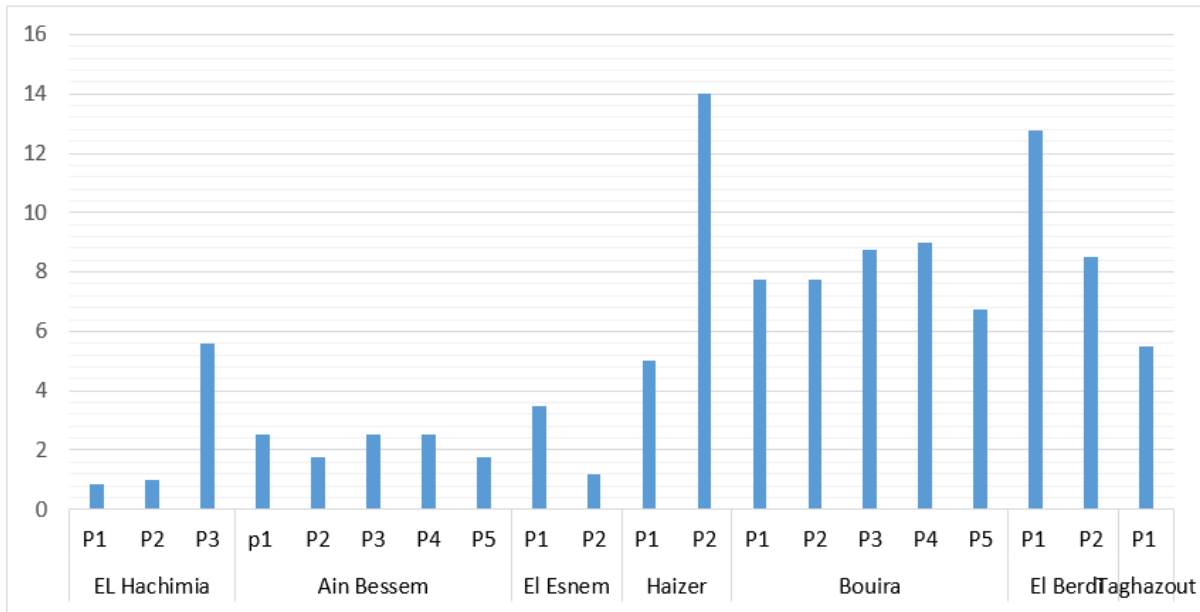


Figure 15 : Répartition de l’IFT total de la pomme de terre dans les différentes parcelles en fonction des stations.

1.2.1. Évolution de l’IFT total

La figure 16 qui représente les valeurs dès l’IFT total (moyenne + SE), montre une variation statistiquement significative (p -value= 0,002) de cet indicateur entre les sept stations d’étude. Le test de Duncan sépare clairement les IFT des régions recensées en deux groupes distincts, en opposant les régions avec une faible intensité du traitement (IFT < 3) aux régions avec un indice plus important (IFT > 5). Témoinnant ainsi, de la grande variabilité et des fluctuations très importantes, dans l’intensité d’utilisation des pesticides entre les sept régions. Les lettres (a, b, c) indiquent des groupes significativement différents selon le test de Duncan ($p < 0,05$).

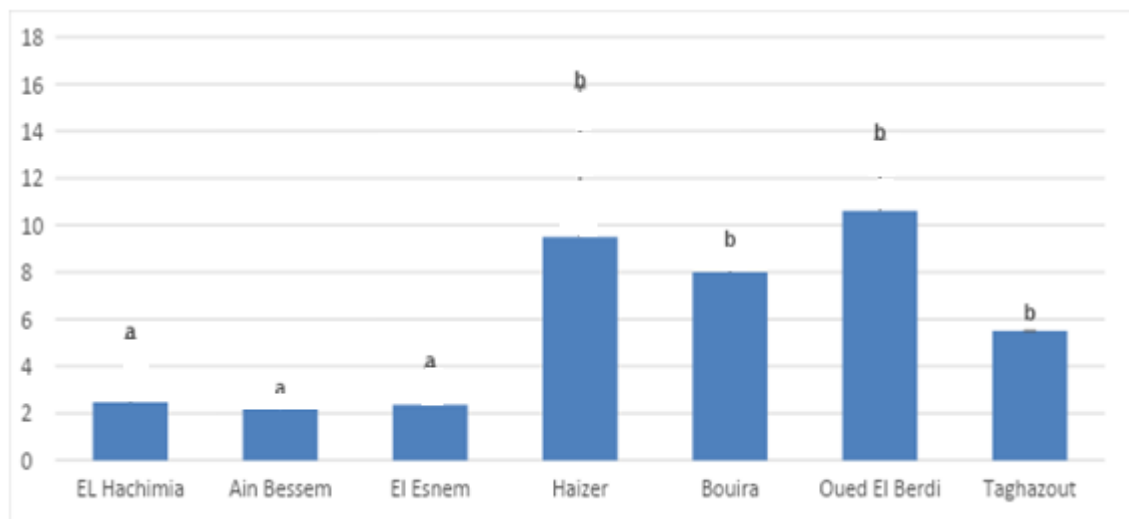


Figure 16 : IFT total moyenne des sept stations.

1.2.2. Évolution des IFT par type de pesticide

Les indices de fréquence de traitement varient considérablement entre les stations avec une forte dynamique spatiale pour les trois types de pesticides recensés : fongicides, insecticides, herbicides.

Selon les résultats obtenus (Fig. 17), nous constatons que les IFT herbicides sont plus élevés que les IFT insecticides et fongicides. L'IFT herbicides moyen le plus élevé est enregistré dans la station de Haizer avec une valeur moyenne de 8.1, et la valeur la plus faible est enregistrée dans la station d'El Esnem avec une valeur moyenne de 1. Il est cependant, important de signaler que les stations d'Ain Bessem et El Hachimia n'enregistrent aucune utilisation d'herbicides.

La figure montre également le résultat de l'ANOVA sur l'effet de la région sur indice moyen de l'IFT des herbicides, des fongicides, et des insecticides de la pomme de terre.

Les indices de fréquence de traitement enregistrés pour la pomme de terre varient considérablement entre les stations, des différences significatives (p -value = 0,02) ont été observées en ce qui concerne l'intensité d'utilisation des herbicides (IFT_h) et des insecticides (IFT_i) (p -value = 0,006), en effet, la station de Haizer présentait un IFT_h significativement plus élevé que toutes les autres régions avec des niveaux significativement plus bas, séparant les régions en 5 groupes homogènes (Fig. 17).

En ce concerne les insecticides le test de Duncan sépare clairement les régions en 3 groupes significativement différents, l'IFT_i étant plus élevé dans la station d'Oued El Berdi avec une valeur moyenne de 3.2, et le plus faible dans la région d'El Hachimia avec une valeur

moyenne de 0.6. Les stations de Taghazout et Haizer n'enregistrent aucune utilisation pour ce type de pesticide.

Comme prévu, les agriculteurs utilisent principalement des fongicides, en effet, ce type de pesticides est utilisé dans toutes les régions d'étude. La valeur la plus élevée est enregistrée dans la région de Bouira avec une valeur moyenne de 3.5 et la plus faible dans la région de Taghazout avec une valeur moyenne de 1, bien que la dynamique spatiale ne soit pas forte et qu'aucune différence significative n'a été trouvée (p -value = 0,123). Les lettres (a, b, c) indiquent des groupes significativement différents selon le test de Duncan ($p < 0,05$).

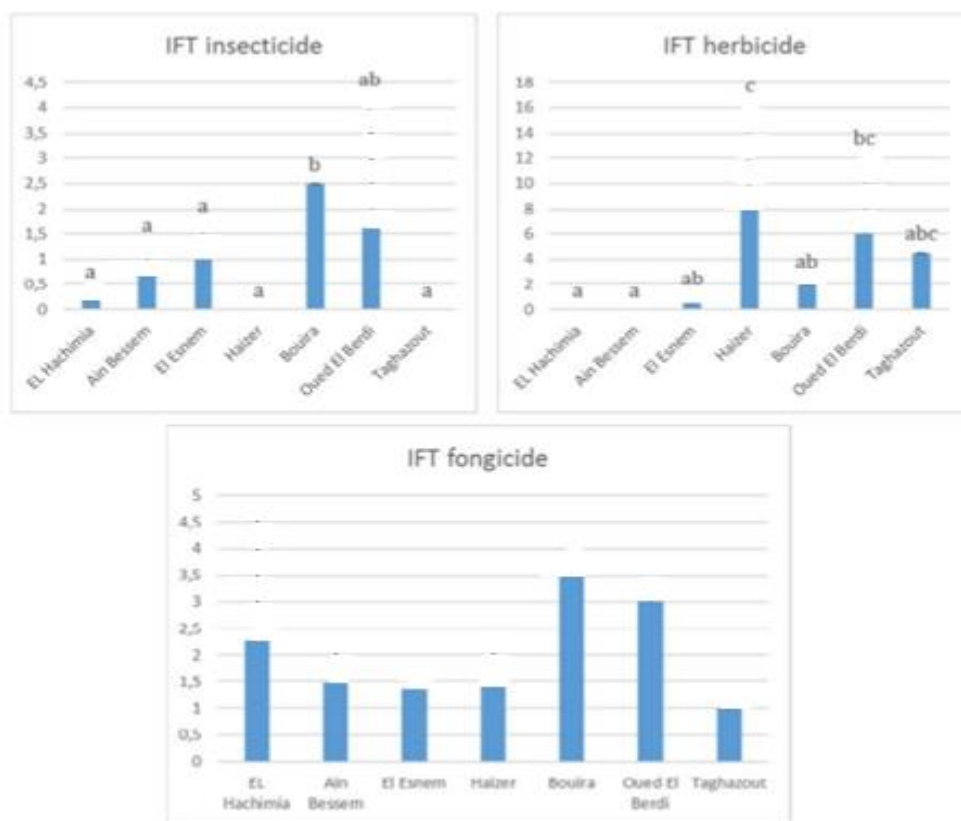


Figure 17 : Distribution des IFT moyens de chaque type de pesticide selon les stations.

1.3. Propriétés chimiques du sol

Après l'analyse d'échantillons de sol, les résultats obtenus sont représentés dans ce qui suit

1.3.1. pH

La figure 18 montre les variations des valeurs du pH des stations étudiées (traitées et non traitées). Les résultats obtenus pour l'analyse du pH des sols révèlent que les sols des stations traitées et non traitées sont 'légèrement alcalins' à 'alcalins' (Annexe 03) et varient respectivement de 7,91 à 8.16 et 7.87 à 8.51.

L'analyse statistique n'a mis en évidence aucune différence significative du pH mesuré (p -value= 0,304) entre les sols traités par les pesticides et les sols non traités.

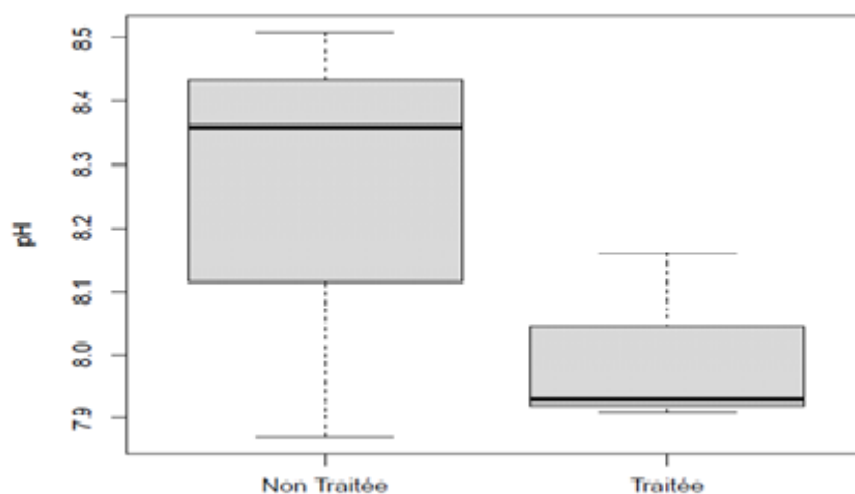


Figure18 : Boxplots représentant les variations du pH des sols étudiés.

1.3.2. Humidité

Nous remarquons que l'humidité du sol, des différentes stations traitées est plus élevée (fig.19), avec des teneurs qui varient entre 5.63% - 6.5%, que l'humidité du sol des parcelles non traitées qui varie entre 2.12% - 5.6%. Malgré, ces différences le test statistique n'a révélé aucune différence significative (p -value= 0,101).

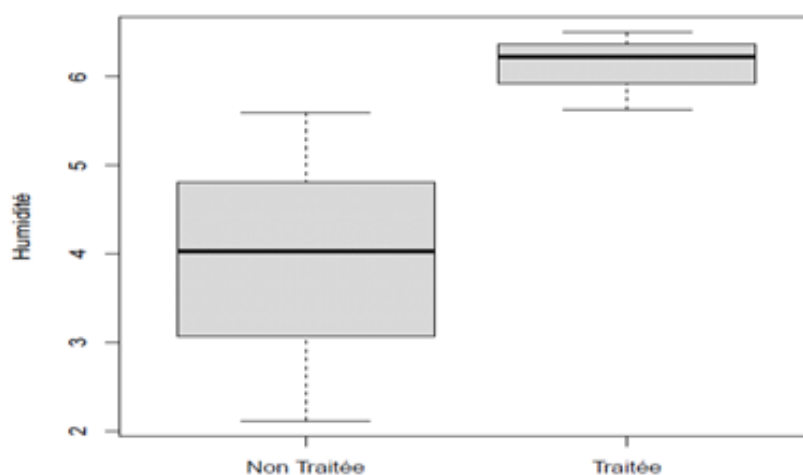


Figure 19 : Boxplots représentant la variation de l'humidité des sols étudiés.

1.3.3. Conductivité

La conductivité électrique des sols traités et non traités (fig. 20) est plus ou moins similaires, variant entre 0.50 mS/cm - 0.60 mS/cm pour toutes les parcelles. Exceptée, pour une parcelle traitée qui enregistre un taux plus élevé (1.44).

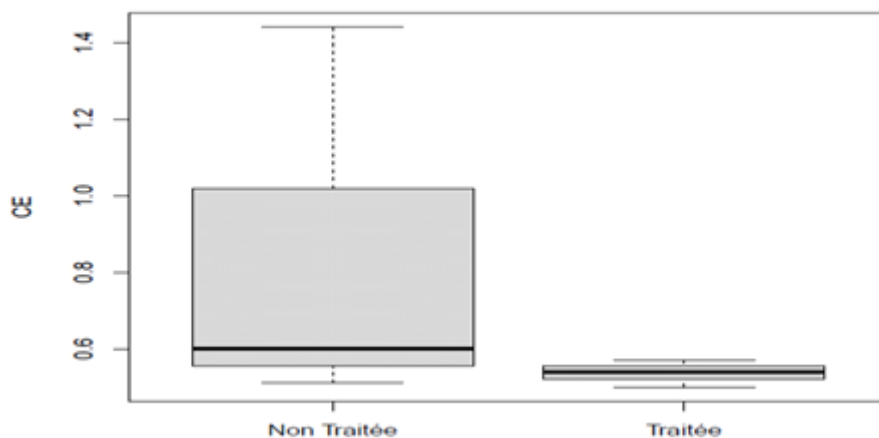


Figure 20 : Boxplots représentant la variation de la conductivité électrique des sols.

1.3.4. Carbone organique et matière organique

Selon la classification de Landon (1991) (> 20% très élevé, 10-20% élevé, 4-10% moyen, 2-4% faible et < 2% très faible), les teneurs en carbone organique (Fig. 23) des sols des parcelles traitées sont 'faibles', et varient de 2 à 3.2, en revanche, les teneurs en carbone organique des sols des stations non traitées sont 'faibles' à 'moyens' (3 à 6).

Concernant, la matière organique (qui évolue dans le même sens que le carbone), les teneurs des sols non traités, varient de 5.86 à 10.34 %, en revanche, celle des sols non traités varient de 3.44 à 5.51%.

Sur la base de l'analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5% effectuée pour les stations étudiées, nous avons remarqué qu'il n'existe aucune différence significative pour le paramètre carbone, et matière organique.

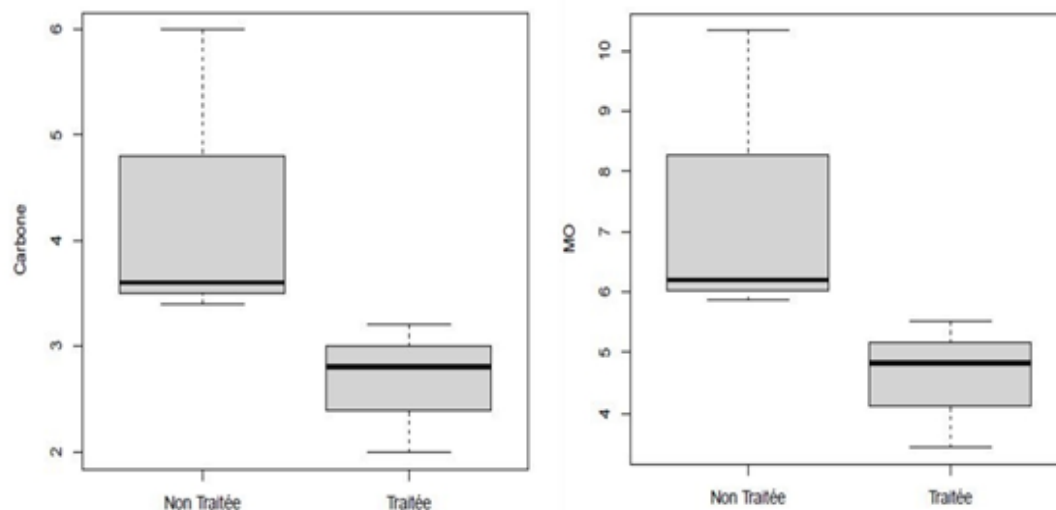
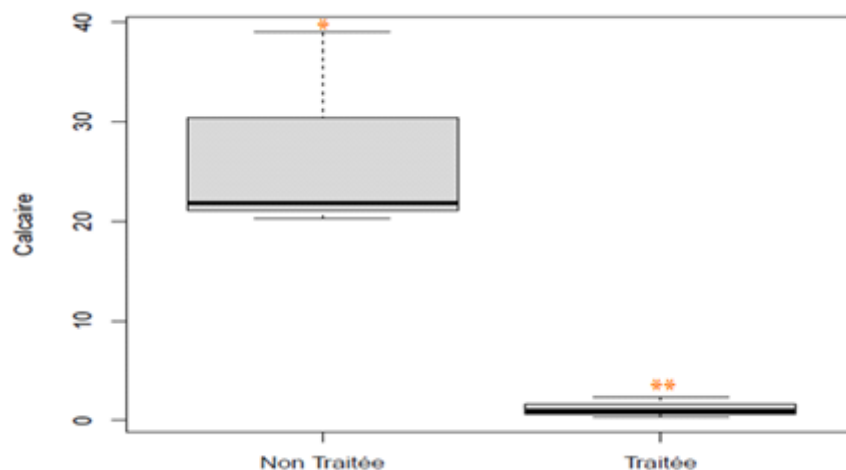


Figure 21 : Boxplots représentant les variations du carbone et de la matière organique des sols étudiés.

1.3.5. Calcaire total

La figure 22 représente la teneur du calcaire total des deux types de sol étudiés. Le dosage des carbonates de calcium a montré que les taux de calcaire ne sont pas importants dans les stations traitées par les pesticides. Selon les normes d'interprétations (Annexe 04), nous pouvons les classer dans la catégorie des sols 'non à peu calcaire'. Quant, aux sols non traités les taux de calcaire enregistrés sont plus importants, et sont classés dans la catégorie des sols 'modérément à fortement calcaire'.

Les résultats de l'analyse de la variance ont révélé des différences significatives (p -value= 0,012) pour les taux de calcaire total enregistré au niveau des différentes stations, opposant les sols traités avec des teneurs faibles aux sols non traités avec des teneurs élevées.



*indiquent des groupes significativement différents selon le test de Duncan ($p < 0,05$).

Figure 22 : Boxplots représentant la variation du calcaire des sols étudiés.

2. Discussion

Afin de protéger la culture de pomme de terre et d'assurer les meilleurs rendements en termes de qualité et de quantité et de répondre aux demandes du marché, l'ensemble des 20 agriculteurs rencontrés dans les sept stations ont utilisé une grande variété de produits phytosanitaires.

D'après l'enquête réalisée dans les sept stations d'étude : El Hachimia, Oued El Berdi, El Asnam, Ain Bessam, Haizer, Bouira et Taghazout, nous avons pu mettre en évidence plusieurs résultats sur le niveau d'étude, l'âge des agriculteurs interrogés, les types de pesticides, les matières actives et les familles chimiques utilisées par les agriculteurs.

Notre étude montre que la majorité des agriculteurs, dans les sept stations, sont jeunes, âgés entre 31 – 40 ans et 41 -50 ans. Cette variation révèle l'intérêt que portent les jeunes de la wilaya de Bouira à l'agriculture. Cependant, 70 % des agriculteurs n'ont pas dépassé le niveau secondaire, et de ce fait, ils se basent sur leurs expériences dans l'utilisation des pesticides. Les 30% restants sont généralement des ingénieurs en agronomie.

Concernant, les produits phytosanitaires recensés, nous remarquons une grande tendance pour l'utilisation des fongicides, plusieurs raisons peuvent justifier le choix de cette classe à savoir : la forte abondance de ces produits, les conditions climatiques favorisant la prolifération des maladies fongiques, les cultures sont de ce fait, le plus souvent attaquées par les champignons. C'est le cas du « mildiou (*Phytophthora* sp) », « l'alternariose (*Alternaria* sp) », et

« lerhizoctone ». Nos résultats sont similaires à ceux réalisés par Ait Ali et Bouziane (2022), qui ont également rapportés une forte utilisation des fongicides.

Le recours à l'utilisation des insecticides dans certaines régions, peut être expliqué par le fait que, cette culture est souvent sujette aux attaques par une série d'insectes ravageurs comme le dryophore, défini comme l'ennemi principale de la culture (Jean, 2002).

Nous n'avons enregistré aucune utilisation des herbicides dans la station d'El Hachimia et Ain Bessem. Néanmoins, les agriculteurs préfèrent les herbicides au désherbage manuel, car ils sont plus efficaces et plus faciles à appliquer (Ait Ali et Bouziane, 2022).

Suite à notre enquête, nous avons recensé 20 noms commerciaux dont 20 matières actives et 14 familles chimiques, cette diversité explique la présence de multiples distributeurs et entreprises privées qui assurent l'alimentation du marché phytosanitaire dans la wilaya.

Nous constatons également que certaines matières actives considérées comme toxiques sont utilisées, c'est le cas de la Fenamidone, la Metribuzine et lambda-cyhalothrine qui sont classées dans la catégorie légèrement dangereux de l'OMS. Cela veut dire que les agriculteurs ne prennent pas en considération les dangers liés à l'application de ces produits dangereux.

Tous les 20 agriculteurs dans les sept stations utilisent les moyens de protection lors des traitements phytosanitaires ce qui réduit le risque de contact de ces derniers avec les pesticides, en effet, les pesticides libérés sous forme de gouttelettes peuvent être inhalés ou être en contact avec la peau ou les yeux, ce qui explique les réactions d'allergies, les maux de tête et d'autres effets observés chez ces utilisateurs. Selon Van de Werf (1996), les risques surviennent lors de la préparation des mélanges, et aussi lors de leur application sur les cultures. Ce risque est encore plus important si l'utilisateur ne porte pas d'équipement de protection (Salameh *et al.*, 2004).

L'indice de fréquence des traitements vise à réduire significativement le risque et l'utilisation des pesticides à des niveaux compatibles avec la protection des cultures en étudiant l'utilisation des produits phytosanitaires dans les stations agricoles. Cet indice de fréquence de traitement reflète l'intensité d'utilisation des pesticides en agriculture, nos résultats peuvent aider à fixer des normes d'IFT pour la pomme de terre dans la wilaya de Bouira.

Selon Pingault *et al.*, (2007), l'IFT réalisé sur les parcelles traités ne doit pas dépasser 60 % de l'IFT homologue pour les herbicides et 50% pour les autres types de pesticides. Une référence trop élevée permettrait la majorité des agriculteurs atteindront leurs objectifs sans

améliorer leurs pratiques, une référence trop basse auraient finalement le même effet car elles rendaient les engagements difficilement accessibles et décourage la plupart des agriculteurs de participer à des démarches de réduction des traitements phytosanitaires.

D'après nos résultats sur l'évolution de l'indice de fréquence de traitement (IFT) relatif à la culture de la pomme de terre dans les sept zones d'études, il existe une grande variabilité dans l'intensité d'utilisation des pesticides sur la pomme de terre, reflétant un non-respect des doses homologuées.

En outre, les IFT herbicides sont plus élevés que les IFT insecticides et fongicides, du fait de sa sensibilité au mildiou très importante qui conduit les agriculteurs à des programmes basés sur un calendrier de traitements assez systématisés.

Les propriétés-chimiques des sols ont une influence majeure sur les principales activités biologiques qui se déroulent au niveau du sol et par voie de conséquence elles influent sur les rendements agricoles et biologiques (Tahar, 2017).

Les analyses des sols traités par les différentes doses de pesticides et le sol témoin montrent une grande variabilité dans les résultats. À la suite de l'emploi répété des produits phytosanitaires à différentes doses, le sol peut subir une alcalinisation. En effet, les pesticides provoquent l'introduction de molécules minérales, telles que des molécules de NH_3 , dans le sol. L'ammoniac est un produit chimique à pH élevé, sa présence augmente le pH du sol (Botton *et al.*, 1990).

Les valeurs du pH dans les sols calcaires sont toujours supérieures à 7 et sont généralement comprises entre 7.5 et 8.4, c'est le cas des régions non traités où nous avons trouvé des taux considérables de calcaire. De plus certains microorganismes peuvent modifier le pH du milieu par absorption sélective et échanges d'ions avec la production d'acides organiques ou une production de NH_3 (Tahar, 2017).

Parmi tous les paramètres chimiques analysés, la matière organique et le carbone ont un rôle essentielles dans le fonctionnement du sol. Tous sont impliqués fortement dans les différentes composantes de la fertilité des sols, tant chimique, physique, que biologique (Salducci, 2007).

Les faibles valeurs du carbone et de la matière organique dans les stations traitées par les pesticides peut justifier selon Salducci (2007), que les pesticides permettent d'apporter une dimension qualitative au fonctionnement de la biomasse microbienne dans son

environnement, qui implique une faible fertilité biologique du sol, donc une faible quantité de carbone organique du sol.

La matière organique augmente la capacité d'échange cationique dont les sols (Marc ,2009), c'est le cas d'une station non traités par les pesticides ou nous avons enregistré les taux les plus élevés de matière organique et de conductivité.

Conclusion

Conclusion

Ce travail avait pour objectif de mesurer l'intensité d'utilisation des pesticides sur la culture de pomme de terre dans sept stations de la wilaya de Bouira (El Hachimia, ElAsnam, Ain Bassam, Bouira centre, Haizar, Taghazout et Oued El Berdi), afin de suivre l'évolution de l'IFT pour différents groupes de pesticides, et quantifier la variabilité de cet indicateur. Par la suite, nous nous sommes intéressés à la caractérisation des propriétés chimiques du sol dans les parcelles retenues.

L'enquête auprès des agriculteurs, a révélé le non-respect des bonnes pratiques phytosanitaires. En effet, 70% d'entre eux n'ont jamais été formés aux bonnes pratiques agricoles, et se soucient peu des risques liés à l'utilisation de ces produits sur leur santé et l'environnement. En effet, ces dangers sont d'autant plus importants que les agriculteurs ne respectent pas la fréquence des traitements et la quantité utilisée, les quantités à appliquer, et sont avant tout préoccupés d'assurer la qualité et la quantité de la récolte.

Une grande diversité des pesticides sont utilisés dans les zones d'étude, regroupant 20 spécialités commerciales dont 24 matières actives et 14 familles chimiques. Trois types de produits phytosanitaires (herbicides et fongicides et insecticides) ont été utilisés, leur proportion d'utilisation variable d'une station à une autre. Néanmoins, dans les sept stations les fongicides restent la gamme de pesticides la plus utilisée pour la pomme de terre.

Les résultats de l'enquête montrent la dominance du propamocarb (42%) appartenant à la famille chimique des carbamates (49%), chez les fongicide, suivi du diafenthiuron (30%) appartenant à la famille des néonicotinoïdes (33%) pour les insecticides. Enfin concernant les herbicides, c'est metribuzine (60%) qui domine.

Nous avons constaté après au calcul de l'indice de fréquence de traitement (IFT), des valeurs supérieures aux références établies, qui témoigne d'une utilisation intensive des pesticides. Ce qui nous a permis de dire que les pratiques des agriculteurs sont relativement abusives, les quantités utilisées pour le dosage et l'utilisation des pesticides ne sont pas conformes aux normes et standards requis.

L'analyse statistique de la variance (ANOVA) n'a mis en évidence aucune différence significative pour le paramètre pH, conductivité, humidité, carbone, et matière organique entre les sols traités par les pesticides et les sols non traités. En revanche résultats de l'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives pour les taux de calcaire total observés au niveau des différentes stations.

Enfin, cette étude fournit une importante source d'informations sur l'utilisation des pesticides sur la pomme de terre dans la wilaya de Bouira. Par conséquent, Il serait impératif de la compléter par des études complémentaires dans d'autres régions pour évaluer tous les effets possibles causés par ces pesticides sur la santé ainsi que sur l'environnement.

Sur la base des résultats de cette étude, nous recommandons ce qui suit :

- Etudier le devenir des pesticides dans l'eau , le sol, et l'air.
- Informer et sensibiliser les agriculteurs sur les risques environnementaux et sanitaires liés aux mauvaises pratiques phytosanitaires.
- Utilisez la rotation des cultures pour, une meilleure gestion des ressources
- Contrôle renforcé des pesticides distribués dans les zones pour palier à l'usage des produits non homologués.

Références bibliographiques

Référence bibliographique

1. **Achour, S., Khattabi, A., Rhalem, N., Ouammi, L., Mokhtari, A., Soulaymani, A., & Encheikh, R. S. (2011).** L'intoxication par les pesticides chez l'enfant au Maroc : profil épidémiologique et aspects pronostiques (1990-2008) . Santé publique, 23(3) , 199 -203p.
2. **Ali Braham, A., & Bouziane, S. (2022).** Contribution à l'évaluation de l'intensité de l'utilisation des pesticides sur les cultures maraichères: cas de la région de Tizi-Ouzou .Mémoire mastère , université Mouloud Mammeri ,44p.
3. **Alix, A., Barriuso, E., Bedos, C., Bonicelli, B., Caquet, T., Dubus, I., & Voltz, M. (2005).** Devenir et transfert des pesticides dans l'environnement et impacts biologiques. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Rapport d'Expertise scientifique collective, INRA et CEMAGREF, 58-61p.
4. **Aloui, N. (2020).** Etude de la biodégradation de quelques pesticides par des bactéries isolées de différentes niches écologiques de la wilaya de ouargla. Thèse de Doctorat en Sciences biologiques Université de Ghardaïa, 08 p.
5. **Anonyme .(2021) .** Manuel de formation sur les pesticides. Health, safety and environment: a series of Trade Union Education Manuals for Agricultural Workers ,16-17 p.
6. **Anonyme .(2012).** Pour les diabétiques, encore des discriminations d'accès à l'emploi. santé publique , 07 p.
7. **Anonyme, (2022).**Nouvel « Atlas des pesticides ». Générations Futures.
8. **Anonyme. (2003). Détermination** de la matière organique par dosage du carbone organique dans les sols agricoles : méthode Walkley-Black modifiée. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 07-10p.
9. **Anonyme. (2006).** « Note sur l'état du potentiel productif agricole». MADR,39 p.
10. **Anonyme. (2010).** Écophyto RD : Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides? Résumé de l'étude . INRA , 01p.
11. **Barriuso, E., Calvet, R., Schiavon, M., & Soulas, G. (1996).** Les pesticides et les polluants organiques des sols. Etude et gestion des sols, 3(4), 279-296 p.

12. **Baudry, J., Rebouillat, P., & Kesse-Guyot, E. (2021).** Produits d'origine végétale, pesticides et contaminants dans l'alimentation : quel rôle de l'agriculture biologique ?. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 56(6), 368-376 p. [doi:https://doi.org/10.1016/j.cnd.2021.07.001](https://doi.org/10.1016/j.cnd.2021.07.001)
13. **Benzine, M. (2006).** Les pesticides: Toxicité, résidus et analyse . Les technologies de laboratoire , 1 , 19 -20 p.
14. **Blanchoud, H., Barriuso, E., Chevreuril, M., Guery, B., Moreau-Guigon, E., Schott, C.,& Tournebize, J. (2011).** Les pesticides dans le bassin de la Seine. agence de l'eau, 1-23 p.
15. **Boland, J., Koomen, I., Lidth de jeude, J. V., & Oudejans, J. (2004).** Les pesticides: composition, utilisation et risques. Agrodok ,07 -55p .
16. **Boland, J., Koomen, I., Lidth De Jeude, J. V., Oudejans, J. (2004).** Les pesticides: composition, utilisation et risques. Agrodok, 07 p.
17. **Botton, B., Breton,A., Fevre, M. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles: importance industrielle .Paris: Masson. 426 p.
18. **Bouchon, C., Lemoine, S. (2003).** Niveau de contamination par les pesticides des chaînes trophiques des milieux marins côtiers de la Guadeloupe et recherche de biomarqueurs de génotoxicité. Pointe-à-Pitre: Rapport UAG-DIREN , 03-07p.
19. **Bourbia Ait Hamlet, S. (2013).** Evaluation de la toxicité de mixtures de pesticides sur un bio indicateur de la pollution des sols *Helixaspersa* . Thèse de doctorat de l'université d'Annaba, 110p.
20. **Bouziani, M. (2007).** L'usage immodéré des pesticides , De graves conséquences sanitaires . Le guide de médecine et de la santé en Algérie .
21. **Briand, O., Seux, R., Millet, M., & Clement, M. (2002).** This influence of pluviometry on pesticide contamination of rain water and atmosphere . Journal of Water Science, 15(4) , 767-787p. [DOI: https://doi.org/10.7202/705480ar](https://doi.org/10.7202/705480ar)
22. **Brunet, N., Guichard, L., Omon, B., Pingault, N., Pleyber, E., & Seiler, A. (2007).** L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides . Courrier de l'environnement de l'INRA n°56, 132 p.

23. **Calvet ,R., Barriuso, E., Benoit, P., Bedos ,C., Charnay ,M.P., & Coquet ,Y., (2005).** Les pesticides dans le sol: conséquence agronomique et environnement. France agricole éditions, 24 p.
24. **Carpentier, A., Barbier, J.-M., Bontems, P., Lacroix,A., Laplana, R., Lemarie ,S., & Tnrpin ,N.(2005).** Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux, 31 p.
25. **Cattan, P., Dulcire, M., & Bonin, M. (2003).** Etude des risques de pollution d'origine agricole en Martinique et en Guadeloupe, Gestion des transferts (eau, sol, produits phytosanitaires et engrais) à l'échelle du bassin versant. Rapport final, 26p.
26. **Collet , M. (1988).** Evaluation des transferts existants ou potentiels de produits phytosanitaires utilisés en agriculture vers le milieu marin .13 - 20 p.
27. **DSA :** Direction de service agricole au niveau de la wilaya de Bouira .
28. **Edelahi, M. C. (2004).** Contribution à l'étude de dégradation in situ des pesticides par procédés d'oxydation avancés faisant intervenir le fer, Application aux herbicides phénylurées . Thèse de doctorat en Chimie de l'université de Marne-La-Vallé , 25 p .
29. **Foubert, A. (2012).** Biodiversité: Victimes silencieuses des pesticides. Section française de l'organisation mondiale de protection de la nature WWF, 07- 32 p .
30. **Gamet-Payraastre , L. (2011).** Physiological impact of pesticides mixtures Cahiers de Nutrition et de Diététique. 46, 83 p .
31. **Girard,L., Reix,N., Mathelin,C.(2020).** Impact des pesticides perturbateurs endocriniens sur le cancer du sein. Gynécologie Obstétrique Fertilité Sénologie, 48, 187–195 p.
32. **Giroux, I. (2003).** Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'environnement du Québec, Envirodoq n ENV/2003/0233,18 – 20 p .
33. **Giroux, I. (2004).** La présence de pesticides dans l'eau en milieu agricole au Québec .Québec: ministère de l'Environnement du Québec ,36p .
34. **Gouy, V., Gril, J.J., Lacas, J.G .,Boivin, A., & Carluer, N. (2008).** Contamination des eaux de surface par les pesticides et rôle des zones tampons pour en limiter le

- transfert: état des connaissances et conséquences pour l'action. Sciences Eaux & Territoires, (Spécial Ingénieries-EAT-27), 49-63p.
35. **Isabelle, B., Sylvaine, C., Xavier, C., Alexis, E., Laurence, G.-P., Pierre, L., Genevieve, V. M.-F. (2013).** Pesticides: effets sur la santé. Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM). Parice , Inserm , Editions EDP Sciences (ISSN : 1264-1782) , 1014 p .
36. **Isenring , R . 2010).** Les pesticides et la perte de biodiversite . Pesticide Action Network Europe , 04 -15 p.
37. **ISO. (1994).** ISO 11265 :1994 :Qualité du sol- Détermination de la conductivité électrique spécifique. ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/19243.html>
38. **Jean, C. (2002).** Maladies, insectes nuisibles et utiles de la pomme de terre: guide d'identification. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement ,35p
39. **Lindquist, D. A. (2000).** Le spesticides : la chimie au service de la survi Aiea Bulletin. 23(3), 37p.
40. **Mamy, L., Barriuso, E., Gabrielle, B. (2011).**Impacts sur l'environnement des herbicides utilisés dans les cultures génétiquement modifiées. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, 60, 15-24p .
41. **Marc, F. (2009) .**Rotations dans la culture de pomme de terre : bilans humiques et logiciel de calcul.Colloque sur la pomme de terre .
42. **Martin, J., Maillary, L., Thomas, P. (2012).**L'IFT herbicides canne à sucre à La Réunion : estimation de l'état initial . Congrès sucrier ARTAS / AFCAS, 2-3p.
43. **Maysaloun, M. (2008).** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges depesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin .Thèse de doctorat en Pathologie, Toxicologie, Génétique & Nutrition de l'université de Toulouse , 13p .
44. **Mcginley, J., Healy, M. G., Ryan, P. C., O'driscoll, J. H., Mellander, P. E., Morrison, L., &Siggins, A. (2023).** Impact of historical legacy pesticides on achieving legislative goals in Europe. Science of The Total Environment, 162312, 03-07 p.

45. **Melian, H. (2018)**. Protocoles courants des analyses des sols. Validé par le conseil scientifique de la faculté SNV université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes ,16p.
46. **Moali, S., & Ziamni, S. (2021)**. Contribution à l'évaluation de l'intensité de l'utilisation des pesticides sous céréales: cas de la région de Tizi-Ouzou.Mémoire mastère ,université Mouloud Mammeri, 29 p .
47. **Oultaf, L., Metna Ali Ahmed, F., Sadoudi Ali Ahmed, D., (2022)**. Environmental and health risks of pesticide use practices by farmers in the region of Tizi-Ouzou (northern Algeria). *International Journal of Environmental Studies* ,1–11 p. [Doi: 10.1080/00207233.2022.2044693](https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2044693)
48. **Pétard, J. (1993)**. Les méthodes d'analyse :Tome. Analyses de sols (ORSTOM).
49. **Pingault N., Pleybe r E., Champeaux C., Guichard L., et Omon B. (2009)** : Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : L'indicateur de fréquence de traitement (IFT). Notes et Etudes Socio-Economiques (NESE) n°32, 61-94p.
50. **Rhalem, N., Khattabi, A., Achour, S., Soulaymani, A., Bencheikh, R. S. (2009)**.Facteurs prédictifs de gravité de l'intoxication aux pesticides. Expérience du Centre Antipoison du Maroc. In *Annales de Toxicologie Analytique* , EDP Sciences ,21, 79-84 p.
51. **Saidi,I., Mouhouche, F., Abri, H. (2017)**. Determination of pesticide residues on tomatoes from greenhouses in Boudouaou and Douaouda, Algeria. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9(2), 207–212 p. [doi:10.3920/qas2015.0716](https://doi.org/10.3920/qas2015.0716)
52. **Salducci ,X. (2007)**. Qualite des matieres organiques des sols : une nouvelle generation d'analyses de routine.8èmes journées de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER « Fertilisation raisonnée et analyse de terre : quoi de neuf en 2007 », 01p.
53. **Soudani, N., Belhamra, M., Ugya, A. Y., Patel, N., Carretta, L., Cardinali, A., Toumi, K. (2020)**.Environmental risk assessment of pesticide use in Algerian agriculture. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 8(5), 37 p.
54. **Soudani, N., Toumi, K., Boukhalfa, H. H. (2022)**.Estimation of phytosanitary pressure and the environmental impact related to the use of pesticides. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 100(2), 184 p.

55. **Tahar ,W.(2017)** .Impact de la pollution par les pesticides sur la qualité des terres agricoles .Thèse de doctorat en Protection, Conservation et Valorisation des Ressources Naturelles , Université Badji Mokhtar – Annaba , 85p.
56. **Tasei, J.-N. (1996)**.impact des pesticides sur les Abeilles et les autres pollinisateurs.Courrier de l'environnement de l'INRA, 29, 12 -15 p.
57. **THANY, S. H., REYNIER,P., LENAERS,G., (2013)**.Neurotoxicité des pesticides Quel impact sur les maladies neurodégénératives ?. médecine/sciences,29, 273 p.
[doi: DOI 10.1051/medsci/2013293013](https://doi.org/10.1051/medsci/2013293013)
58. **Touati, K. (2017)**. Contribution à l'étude de l'utilisation des pesticides dans les deux régions DBK et Tadmait (TO) . Mémoire master de l'université Mouloud Mammeri, 29p.
59. **TOUZOUT, N. (2022)**. Réponses écophysiologiques des plantes cultivées aux stress xénobiotiques : approche expérimentale en microcosme. Thèse de doctorat d'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem ,01p.
60. **Van Der Werf H, M, G., (1997)**. évaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courrier de l'environnement de l'INRA n°31, 07-19 p.
61. **Wallet, F. (2020)**. Pesticides / Biocides. Environnement, Risques & Santé, 19(2), 147-148 p.
62. **Yadav, I ,C., Devi, N. L. (2017)**.Pesticides Classification and Its Impact on Human and Environment. Environ .Sci .Engg, 6, 146 p.

Liens sites internet :

1. **CHRISTOPHE (2017)**.Place, intérêt et danger des produits phytosanitaires : les pesticides Institut de médecine et physiologie de la longévité – IDJ – PARIS de <https://www.institutdejaeger.com> >] (Consulté le 2023-02-08).
2. **DSP ,2018**.Direction de la sante de la wilaya de Bouira . [<http://www.dsp-bouira.dz/>] Consulté le 18/03/2023

Annexes



Annexe 1

جامعة أكلى موحد أولحاج كلية علوم الطبيعة والحياة و علوم الأرض

استفسار Questionnaire

Série n° :
رقم السلسلة n° :

La date de l'enquête :
التاريخ :

Lieu :
المكان :

Age des personnes interrogées :
عمر الأشخاص المعنيين :

21-30.....

31-40.....

41-50.....

51-60.....

61-70.....

Education :
مستوى التعليم :

Aucun (primaire non achevé)
لاشيء (ابتدائي غير مكتمل)

Primaire
ابتدائي

Secondaire
متوسط

Universitaire
جامعة

Conduite de la culture :
إدارة الزراعة :

▪ Plein champ
حقل

▪ Sous serre
بيت بلاستيكي

Type de culture :
نوع المحصول :

Variété :
متنوع :

Utilisez-vous des pesticides sur vos cultures ?
هل تستخدم مبيدات الآفات على محاصيلك؟

Régulièrement
 بانتظام Occasionnellement
 من حين إلى آخر Non
 لا

Quel type de formulation de pesticides utilisez-vous ?
 ما نوع تركيبة المبيدات التي تستخدمها؟

- Solide
 صلب - Liquide
 سائل - Gazeux
 غازي

Produits utilisés :
المنتجات المستخدمة :

Insecticides
 مبيدات حشرية Fongicides
 مبيدات فطريات Herbicide
 مبيدات أعشاب

Acaricides
 مبيدات قراد Autre
 أخرى

Les quels :
نوع اخر :

Ils sont utilisés :
يتم استخدامها :
individuellement
 فردي mélange
 مزيج

Date تاريخ	Poste نوع	Produit منتج	Surface traitee المساحة المعالجة	Surface de la parcelle المساحة المزروعة	Dose appliquée sur surface traitee معدل كمية المبيد على المساحة المعالجة	Unité وحدة لتر غرام الغ

معايير الاختيار عند شراء المنتجات Critères de choix lors de l'achat des produits

سهولة الاستخدام Facilité d'emplois الانتقائية Sélectivité فعالية Efficacité
 مخاطر بيئية Risque environnemental السمية Toxicité أخرى Autres

مقادير تحضير المحلول Préparation de la Bouillie

استخدام الأجهزة Utilisation d'appareils استعمال المباشر Contact direct

الجرعة المستخدمة Dosage des produits

غير محترمة No respecté محترمة Respecté

نوع البخاخ المستخدم Type de pulvérisateur utilisé

بخاخ حديث Pulvérisateur moderne بخاخ يدوي Pulvérisateur manuel

Le quel نوع اخر

الفترة الفاصلة بين العلاج الأخير والجنى? Intervalle entre dernier traitement et récolte

.....
.....

دورة تكوينية حول استخدام المبيدات Formation sur l'application des produits phytosanitaire

نعم Oui لا Non

تدابير وقائية أثناء معالجة المحاصيل Mesures de protection lors des traitements phytosanitaires

نظارات Lunettes قفازات Gants أقنعة واقية Masques de protection
 الأحذية Bottes سترة Combinaison

هل عانيت من ? Avez-vous déjà ressentis des symptômes lors de l'utilisation de ces produits

قبل من أى أعراض عند استخدام هذه المنتجات?

نعم Oui لا Non

Lesquels نوع اخر?:

.....

Autres observations ملاحظات أخرى

.....

Annexe 02 : Estimation de la teneur en calcaire (CaCO₃):

- ✓ Mettre une quantité du sol dans un verre à montre.
- ✓ Ajouter 2 ou 3 gouttes d'HCL à 30 % sur le sol.
- ✓ Observer et noter l'intensité de la réaction.

Afin de connaître le poids du sol à prendre pour le dosage du calcaire total, il faut suivre les étapes suivantes :

Si la réaction est nulle et pas d'effervescence, peser 5 à 10 g du sol : sol non calcaire

Si la réaction est faible et l'effervescence s'entend, peser 1g du sol lorsque: sol peu calcaire

Si la réaction est moyenne et l'effervescence se voit, peser 0,5 g du sol : sol moyenne en calcaire

Si la réaction est forte et effervescence intense, peser 0,25 g du sol : sol fortement calcaire (Melian, 2018).

Annexe 03 : Le pH dans KCL et la réaction dans le sol (Melian, 2018).

pH (KCL 0,1 N)	Réaction dans le sol
< 4,0	Très fortement acide
4,0 à 4,9	Fortement acide
5,0 à 5,9	Acide
6,0 à 6,9	Légèrement acide
7,0	Neutre
7,1 à 8,0	Légèrement alcalin
8,1 à 9,0	Alcalin
9,1 à 10,0	Fortement alcalin
> 10,0	Très fortement alcalin

Annexe 04 : Interprétation de la teneur en calcaire (CaCO₃) (Melian, 2018) :

- Sol légèrement calcaire (normal) < 5 % de CaCO₃ total
- Sol peu calcaire = 5 à 20 % de CaCO₃ total
- Sol moyennement calcaire = 20 à 50 % de CaCO₃ total

Sol fortement calcaire > 50 % de CaCO₃ total

Résumé

Une enquête a été menée au niveau de sept régions de la wilaya de Bouira , auprès de 20 agriculteurs afin de mettre en évidence les pratiques d'utilisation des pesticides sur la cultures de pomme de terre . Ceci nous a permis de suivre l'évolution de l'indice de fréquence de traitement (IFT) pour différents groupes de pesticides afin de quantifier la variabilité de cet indicateur ainsi que l'existence de tendances dans l'utilisation des pesticides. Ce travail a été complété par l'analyse chimique des sols contaminé par ces produits. Nos résultats ont rapporté un recours à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques a des doses supérieures aux doses homologuées (IFT>1). Ce qui nous a permis de conclure à la mauvaise gestion et utilisation des produits phytosanitaires.

Mots-clés : pesticide, Pomme de terre, indicateur de fréquence de traitement, sol, Bouira.

Summary

A survey was conducted in seven regions of the wilaya of Bouira, with 20 farmers in order to highlight the practices of pesticide use on potats crops. This allowed us to follow the evolution of the processing frequency index (TFI) for different groups of pesticides in order to quantify the variability of this indicator as well as the existence of trends in the use of pesticides. This work was completed by the chemical analysis soils contaminated by these products. Our results reported a recourse to the use of phytopharmaceutical products at doses higher than the approved doses (IFT>1). This allowed us to conclude that there was poor management and use of phytosanitary products.

Keywords: pesticide, Potato, treatment frequency indicator, soil, Bouira .

ملخص

تم إجراء استبيان في سبع مناطق بولاية البويرة ، مع 20 مزارعا من أجل تسليط الضوء على ممارسات مبيدات الآفات على محاصيل البطاطا . سمح لنا هذا بمتابعة تطور مؤشر تردد المعالجة لمجموعة مختلفة من مبيدات الآفات من أجل تحديد مدى تنوع هذا المؤشر. تم تكملة هذا العمل من خلال التحليل الكيميائي للتربة الملوثة بهذه المنتجات . أفادت نتائجنا استخدام منتجات وقاية النبات بجرعات أعلى من الجرعات المعتمدة. سمح لنا ذلك باستنتاج وجود سوء إدارة واستخدام لمنتجات الصحة النباتية.

الكلمات المفتاحية ، مبيدات الآفات، البطاطا. ، مؤشر تكرار المعالجة ، التربة ، البويرة .