

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



N° d'enregistrement :

/...../...../...../...../

THESE

pour l'obtention du Diplôme de Doctorat 3^{ème} Cycle

en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

ÉVALUATION DES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES RECOMMANDÉES ET SAVOIR-FAIRE PAYSAN DANS LE SAHARA SEPTENTRIONAL ALGÉRIEN: CAS D' EL-OUED

Présentée et soutenue publiquement
par :

Mme SAIGHI Imane

le 21 /05/ 2026

Devant le jury composé de :

Mme. IGHILI Hakima	Pr	U.K.M.Ouargla	Présidente
M. DADAMOUSA Mohammed Lakhder	MCA	U.K.M.Ouargla	Directeur de Thèse
M. BELAROUCI Mohammed El-Hafed	MCA	U.K.M.Ouargla	Codirecteur de Thèse
M. BENRAHIM Fouzi	Pr	U.K.M.Ouargla	Rapporteur
M. SEBIHI Abdel Hafid	MCA	U.Ghardaia	Rapporteur
Mme. SAGGOU Hayat	MCA	U.K.M.Ouargla	Rapporteur

Année universitaire: 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ

أَلَّا مَّا سَعَىٰ

Dédicaces

*À mon cher père **Ismail**, lumière de ma route et pilier de ma vie...*

*À ma douce mère **Meriem**, chaleur de mon âme et source de
tendresse...*

*À mes chers frères : **Soufiane, Aymen, Mouhammed Fouad** et
Mahmoud, à ma précieuse sœur : **Soumeia**...*

*Aux petits trésors de la maison, qui emplissent nos cœurs de joie :
Ishak, Yakoub, Rahaf, Youssef, Yoness et **Mekka**...*

*À mes amies fidèles, **Latrech Amel** et **Nacira Djafour**...*

*À tous mes élèves de l'École Primaire Kouinine El Jadida ouest,
éclats d'avenir et d'espérance...*

*À mes collègues bienveillants, ainsi qu'à Madame la Directrice :
Souici Hana, symbole de générosité et de respect...*

*Je vous dédie le fruit de mon travail, accompagné de toute mon affection et de
ma profonde gratitude*

Remerciements

Avant tout, je rends grâce à Allah le Tout-Puissant de m'avoir accordé le courage, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

*J'exprime ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon promoteur, **Dr.DADAMOUSSA Mohammed Lakhder**, docteur à l'Université de Kasdi Merbah Ouargla, pour m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail avec toute la rigueur scientifique et les conseils précieux qui ont grandement contribué à sa réalisation.*

*J'adresse également mes remerciements les plus chaleureux à mon co-directeur, **Dr. BELAROUCI Mohamhed El Hafed**, pour son soutien constant, son suivi attentif et ses orientations pertinentes tout au long de l'avancement de cette recherche.*

*Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à Madame la Présidente du jury : **Pr. IGHILI Hakima**, ainsi qu'aux membres du jury : **Pr. BENBRAHIM Fouzi**, **Dr. SEBIHI Abdel Hafid** et **Dr. SAGGOU Hayat**, pour l'honneur qu'ils m'accordent en acceptant d'examiner ce travail et d'assister à ma soutenance.*

*Je tiens aussi à remercier les membres du Centre de Recherche en Physico-Chimie (CRAPC) à Ouargla, et en particulier **Mr.Walid BOUSSBAA** et **Mme. Sabah MENAA**, pour leur aide, leur disponibilité et leur accompagnement technique.*

*Toute ma gratitude va également à **Mr. Djaber BELLABIDI**, agriculteur, pour son précieux appui et sa collaboration constructive, qui ont été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail.*

Enfin, j'adresse mes remerciements sincères à ma famille, pour leur soutien moral inconditionnel, ainsi qu'à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'achèvement de cette étude.

تقييم الممارسات النباتية الصحية الموصى بها والمعارف الفلاحية المحلية في الصحراء الشمالية الجزائرية: حالة منطقة وادي سوف

الملخص

تتميز الزراعة في ولاية وادي سوف بنظم إنتاج قوية، غير أن توسعها السريع يطرح إشكالية استدامتها. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ممارسات استخدام منتجات الصحة النباتية من قبل الفلاحين، إضافة إلى تسويقها من طرف الباعة، مع رصد بقايا المبيدات المستعملة وتحديد كمياتها في الطماطم المنتجة باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا. تم إجراء دراسة استقصائية شملت 136 فلاحاً و36 بائعاً موزعين عبر مختلف بلديات الولاية، قصد تقييم سلوكيات الفلاحين المتعلقة بأنواع المبيدات المستعملة، واحترام الجرعات الموصى بها، وفعالية هذه المنتجات، إضافة إلى طرق اختيارها. أبرزت النتائج أن مبيدات الفطريات والحشرات هي الأكثر استعمالاً مقارنة بالأنواع الأخرى، كما لوحظ تباين في مدى احترام قواعد الممارسات الزراعية السليمة، رغم أن غالبية الفلاحين تنتمي إلى فئة الشباب المتعلم التي ساهمت بشكل بارز في قوة وتطور الزراعة المحلية. كما أظهرت النتائج الدور المحوري للبائعين في مرافقة الفلاحين ودعم النشاط الزراعي ميدانياً.

أما التحليل الكروماتوغرافي لعينات الطماطم المجمعة من بلديتي المقرن وسيدي عون فقد كشف عن وجود بقايا مبيدات لم تتجاوز الحدود القصوى المسموح بها وفق المعايير الدولية. ويرجع ذلك إلى مستوى مقبول من احترام قواعد السلامة الفلاحية، غير أن النتائج تؤكد ضرورة الاستمرار في متابعة ومراقبة هذه البقايا في الخضر والفاكهة بما يضمن سلامة المستهلك وتعزيز استدامة النظم الزراعية المحلية.

الكلمات المفتاحية: ولاية وادي سوف، الممارسات الزراعية، المبيدات الفلاحية، بقايا المبيدات، الكروماتوغرافيا، الطماطم، سلامة الغذاء، الاستدامة الزراعية.

Evaluation of recommended phytosanitary practices and farmers' knowledge in the northern Algerian Sahara: A case study of the Oued Souf region

Abstract

Agriculture in El Oued province is characterized by highly productive systems, yet its rapid expansion raises concerns about sustainability. This study aims to analyze farmers' practices in the use of plant protection products and their marketing by vendors, in addition to monitoring pesticide residues and quantifying their levels in tomatoes using chromatographic techniques.

A survey was conducted with 136 farmers and 36 vendors across different municipalities of the province to assess behaviors related to pesticide selection, compliance with recommended doses, and product effectiveness. The results indicated that fungicides and insecticides were the most commonly used categories, with variability in adherence to good agricultural practices. Despite the predominance of young, educated farmers who have strongly contributed to the strength and development of local agriculture, discrepancies in compliance were observed. Vendors were also found to play a pivotal role in supporting and guiding farmers in the field.

Chromatographic analysis of tomato samples collected from the municipalities of Megrane and Sidi Aoun revealed the presence of pesticide residues, although concentrations remained below the maximum limits established by international standards. These findings suggest a generally satisfactory compliance with agricultural safety measures, while emphasizing the need for continued monitoring and surveillance of residues in fruits and vegetables to ensure consumer safety and promote the sustainability of local farming systems.

Mots clé : El Oued province, Agricultural practices, Plant protection products, Pesticide residues, Chromatography, Tomato, Food safety, Agricultural sustainability.

Évaluation des pratiques phytosanitaires recommandées et savoir-faire paysan dans le Sahara Septentrional Algérien: cas de la région Oued Souf

Résumé

L'agriculture dans la wilaya d'El Oued se caractérise par des systèmes de production performants, mais son expansion rapide soulève la problématique de sa durabilité. Cette étude vise à analyser les pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires par les agriculteurs ainsi que leur commercialisation par les vendeurs.

Une enquête a été menée auprès de 136 agriculteurs et 36 vendeurs répartis dans différentes communes de la wilaya afin d'évaluer les comportements liés au choix des pesticides, au respect des doses recommandées et à leur efficacité. Les résultats ont révélé que les fongicides et les insecticides sont les plus utilisés par rapport aux autres catégories, avec une variabilité dans le respect des bonnes pratiques agricoles. Cette situation est observée malgré la prédominance d'une population jeune et instruite parmi les agriculteurs, qui a largement contribué au dynamisme agricole régional. Par ailleurs, les vendeurs jouent un rôle clé dans l'accompagnement et le soutien des producteurs sur le terrain.

L'analyse chromatographique des échantillons de tomates prélevés dans les communes de Megrane et Sidi Aoun a montré la présence de résidus de pesticides, sans toutefois dépasser les limites maximales fixées par les normes internationales. Ces résultats traduisent un respect globalement satisfaisant des règles de sécurité agricole, tout en soulignant la nécessité de poursuivre le suivi et la surveillance des résidus dans les fruits et légumes afin d'assurer la protection du consommateur et de renforcer la durabilité des systèmes agricoles locaux.

Mots clé : Wilaya d'El Oued, Pratiques agricoles, Produits phytosanitaires, Résidus de pesticides, Chromatographie, Tomate, Sécurité alimentaire, Durabilité agricole.

Liste des abréviations

DAR : Délai avant récolte.

DJA : Dose journalière admissible.

DPVCT : Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques.

FAO: Food and Agriculture Organization.

GC : Gaz chromatography.

LC/MS : Liquid chromatography/mass spectrometry

LMR : Limite maximale de résidus.

MA : matière active

MADR: Ministère de l'Agriculture du Développement Rural.

MS : Mass spectrometry.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

LISTE DES CARTES		
N ° Carte	Titre	Page
01	Localisation géographique de la région d'El-Oued réalisée par SAIGHI à l'aide de logiciel SIG, QGIS	42
02	Répartition géographique des enquêtes réalisées par SAIGHI à l'aide de logiciel SIG, QGIS	44

LISTE DES FIGURES		
N ° Figure	Titre	Page
01	Utilisation des pesticides par continent	15
02	Utilisation mondiale de pesticides par superficie avec continent	15
03	Dynamique de l'utilisation des pesticides en Algérie (2000–2020)	16
04	Évolution de l'utilisation des pesticides en Algérie (2000–2020)	16
05	Devenir des pesticides dans l'environnement	17
06	Évolution des diverses techniques dans le domaine agricole	35
07	Foggara	37
08	Coupe longitudinale simplifiée d'un Ghout de Souf	37
09	Schéma méthodologique global	40
10	Étapes du protocole d'extraction des résidus des pesticides	54
11	Age des agriculteurs	57
12	Niveau d'instruction	58
13	Expérience agricole	59
14	Relation entre l'âge et l'expérience	59
15	Modes d'acquisition des terres agricoles	60
16	Participation aux formations agricoles	60
17	Principales spéculations cultivées	61
18	Superficie exploitée	61
19	Systèmes d'irrigation	62
20	Types de pesticides utilisés	64
21	Matières actives les plus utilisées	66
22	Principaux groupes chimiques de pesticides utilisés	66
23	Formulations de pesticides utilisés	67
24	Catégories de danger des produits chimiques selon la classification de l'OMS	68
25	Pesticides originaux et génériques utilisés	69
26	Produits phytosanitaires originaux et génériques selon leur type	70
27	Modes d'utilisation des produits phytosanitaires	71
28	Niveau de connaissance des produits phytosanitaires	72
29	Connaissance de la matière active	73
30	Connaissance du DAR	73
31	Respect du délai avant récolte des pesticides	74
32	Sources d'information	77
33	Pratiques des agriculteurs lors de l'utilisation des pesticides	78
34	Pratiques de sécurité lors de la manipulation des pesticides	79
35	Gestion des emballages vides	80
36	Gestion de produit phytosanitaire	81
37	Comportements alimentaires et tabagiques	82
38	Préparation des pesticides	83
39	Graphique radar comparant les trois groupes d'agriculteurs	84
40	Pratiques agroécologiques de gestion des sols	85
41	Différents types de rotation	86
42	Age des vendeurs	98
43	Niveau d'instruction	98
44	Expérience	99
45	Formation agricole et diversité des spécialités	100
46	Participation à la formation sur les produits phytosanitaires	101
47	Vendeurs et la Direction des Services Agricoles (DSA)	102

48	Critères de sélection des produits selon la source d'information	103
49	Critères de sélection des pesticides proposés à la vente	105
50	Principales sources d'information	107
51	Vendeurs ayant reçu une formation officielle	108
52	Mise à jour des informations sur les pesticides (%)	109
53	Sources d'information les plus fiables	110
54	Réception d'un soutien ou d'informations de la part des fabricants de pesticides	111
55	Pratiques adoptées en cas d'exposition aux pesticides	114
56	Niveau de conscience des vendeurs	115
57	Modalités de stockage des produits phytopharmaceutiques	116
58	Critères de sécurité des locaux de stockage	117
59	Pratiques de gestion et d'élimination des pesticides périmés (%)	118
60	Gestion des pratiques liées aux contenants vides de pesticides (%)	119
61	Activités professionnelles (%)	120
62	Modes de contact privilégiés par les agriculteurs (%)	124
63	Utilisation des réseaux sociaux	125
64	Principaux défis rencontrés par les vendeurs (%)	126
65	Perceptions de l'impact des problématiques liées aux pesticides	128
66	Perception des difficultés rencontrées	129
67	Degré d'engagement des agriculteurs	129
68	Principaux wilayas productrices de Tomate	133
69	Production de Tomate	133
70	Évolution de la superficie de tomate cultivée	134
71	Évolution de la production de tomate	134
72	Différence entre la superficie cultivée en tomate	135
73	Cultures maraîchères de la région d'Oued Souf	137
74	Évolution de la surface et de la production de pomme de terre	138
75	Pesticide déclarés selon leur classe chimique	140

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

N ° Photo	Titre	Page
01	Système d'irrigation sous pivot	62
02	Système d'irrigation goutte à goutte	62
03	Systèmes de culture sous serre	63
04	Principaux ravageurs rencontrés dans les cultures maraîchères (A) <i>Tuta absoluta</i> ; (B) Larve de noctuelle ; (C) Puceron noir	65
05	Coccinelle dans la culture de pomme de terre	71
06	Pièges à phéromones	72
07	Utilisation et achat des pesticides reconditionnés (A,B,C)	76
08	Modes de gestion des emballages vides (A :Incinéré; B :Abandonné ;C :vendre)	80
09	Conditions de stockage	82
10	Application du paillage pour la culture de tomate en plein champ	85
11	Arbre de neem	87
12	Barrières végétales naturelles	88
13	Tabia	88
14	Moustiquaires	89
15	Pièges adhésifs jaunes	90
16	Films plastiques	90
17	Brûlage contrôlé	91
18	Dispositif local de préparation de la solution phytosanitaire	92
19	Ghout abandonné	94
20	Grain et Plant de qentous (<i>Anacyclus pyrethrum</i> L.)	95

LISTE DES TABLEAUX		
N° Tableau	Titre	Page
01	Histoire de l'évolution des trois principales classes de pesticides avec des exemples de substances actives	06
02	Principales cibles neurobiologiques des insecticides agissant sur système nerveux des ravageurs	09
03	Classification des pesticides selon leurs classes de danger toxicologique	14
04	Comparaison des principales méthodes d'extraction et de préparation des échantillons	30
05	Nombre d'agriculteurs interrogés	43
06	Répartition des vendeurs de pesticides enquêté	45
07	Programme de gradient utilisé pour la séparation chromatographique	53
08	Récapitulatif des pictogrammes, codes et taux de reconnaissance	75
09	Fréquences de vente des pesticides selon le type de culture (saisonnière / hors-saison)	106
10	Répartition des vendeurs de pesticides selon le type de formation reçue	109
11	Utilisation des équipements de protection individuelle (EPI)	112
12	Symptômes ressentis après manipulation des produits phytosanitaires	113
13	Critères de choix des pesticides par les agriculteurs selon les vendeurs	121
14	Principaux pesticides demandés par les agriculteurs	122
15	Fourniture du soutien technique et de la formation	123
16	Stratégies de communication et de sensibilisation liées à l'utilisation des pesticides	127
17	Principaux pays producteurs de pommes de terre	135
18	Principaux wilayas productrices de pomme de terre	136
19	Distribution de la fréquence des pesticides détectés	142
20	Résultats du test ANOVA à mesures multiples	143

Sommaire		Pages
Dédicace		
Remerciements		
Résumé		
Liste des abréviations		
Liste des cartes		
Liste des figures		
Liste des photographies		
Liste des tableaux		
Sommaire		
INTRODUCTION GENERALE		01
PARTIE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE		
CHAPITRE 1. Pesticides - enjeux et répercussions		
1.1	Définition des pesticides	5
1.2	Historique des pesticides	5
1.3	Classification des pesticides	7
1.3.1	Classification biologique	7
1.3.1.1	Herbicide	7
1.3.1.2	Fongicide	8
1.3.1.3	Insecticide	8
1.3.1.3.1	Insecticides neurotoxiques	9
1.3.1.3.2	Insecticides agissant sur la croissance des insectes	9
1.3.1.3.3	Insecticides et acaricides agissant sur la respiration cellulaire	10
1.3.1.3.4	Insecticides toxiques musculaires	10
1.3.1.3.5	Insecticides agissant sur la voie de biosynthèse des lipides	11
1.3.1.3.6	Insecticides toxiques sensorial	11
1.3.2	Classification chimique	11
1.3.2.1	Pesticides inorganiques	11
1.3.2.2	Pesticides organo-métalliques	13
1.3.2.3	Pesticides organiques	13
1.3.3	Classification d'après leurs usages	13
1.3.4	Classification toxicologiques	13
1.4	Marché mondiale des pesticides	15
1.4.1	Consommation mondial des produits phytosanitaires	15
1.4.2	Consommation des produits phytosanitaires en Algérie	16
1.5	Devenir des pesticides dans l'environnement	17
1.5.1	Impacts des pesticides sur l'environnement	18
Chapitre II : Détection des résidus de pesticides dans les produits agricoles		
1.	Introduction et généralités	19
2.	Quelques notions relatives aux résidus de pesticides	19
2.1	Limite maximale de résidus (LMR)	19
2.2	Dose sans effet (DSE)	20
2.3	Dose journalière admissible (DJA)	21
2.4	Délai d'emploi avant récolte (DAR)	21
2.5	Dose létale (DL50)	21
2.6	Limite de détection (LD)	21
2.7	Limite de quantification (LOQ)	21
3.	Impact des résidus de pesticides	22

3.1	Effets sur l'environnement et la biodiversité	22
3.2	Effets sur la santé humaine	22
3.2.1	Effets aigus	22
3.2.1.1	Intoxications par les organophosphorés	23
3.2.2	Effets chroniques	23
4.	Méthodes d'analyse des résidus de pesticides	23
4.1	Méthode multi-résidus	24
5.	Procédé d'analyse des résidus de pesticides	24
5.1	Prélèvement des échantillons	25
5.1.1	Échantillonnage	25
5.1.2	Transport des échantillons au laboratoire	25
5.2	Préparation et homogénéisation des échantillons	25
5.3	Méthodes d'extraction	25
5.3.1	Extraction liquide-liquide (LLE)	26
5.3.2	Extraction en phase solide (SPE)	26
5.3.3	Extraction dispersive sur phase solide (d-SPE)	27
5.3.4	Méthode QuEChERS	27
5.3.5	Extraction liquide-solide (LSE)	28
5.3.6	Micro-extraction sur phase solide (SPME) et micro-extraction liquide (LPME)	28
5.3.6.1	Micro-extraction sur phase solide (SPME)	29
5.3.6.2	Micro-extraction liquide (LPME)	29
5.3.7	Extraction par fluide supercritique (SFE)	29
5.4	Purification	30
5.4.1	Objectifs de la purification	30
5.4.2	Principales méthodes de purification	31
5.5	Détermination des résidus de pesticides par chromatographie	31
5.5.1	Détermination par chromatographie en phase gazeuse	31
5.5.1.1	Chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC MS	31
5.5.1.1.1	Étapes principales de la méthode	31
5.5.1.1.2	Avantages de la méthode GC-MS/MS	32
5.5.1.2	Détermination par chromatographie en phase liquide	32
5.5.1.2.1	Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse LC MS/MS	32
Chapitre III : Savoir-faire traditionnels et innovations paysannes		
1.	Cadre général du savoir paysan	33
1.1	Diversité des savoirs et pratiques agricoles	33
1.2	Caractéristiques du savoir-faire paysan	33
2.	Savoirs et savoir-faire : définitions, transmission et durabilité	34
2.1	Définitions conceptuelles	34
2.2	Transmission et rôle dans la durabilité des systèmes agricoles	34
2.2.1	Mécanismes de transmission	34
3.	Interaction entre savoirs traditionnels et innovations modernes	35
3.1	Complémentarité et bénéfices	35
3.2	Innovation participative et résilience	36
4.	Le savoir-faire paysan dans le contexte saharien	36
4.1	Gestion de la fertilité et des cultures	36
4.2	Gestion efficace de l'eau	36
4.3	Techniques agronomiques et conservation des sols	38

5.	Valorisation et enjeux du savoir paysan	38
5.1	Contribution à la durabilité et à la sécurité alimentaire	38
5.2	Risques liés à la perte des savoirs traditionnels	38
5.3	Intégration dans les politiques et programmes agricoles	38
PARTIE II. Démarche investigatrice		
CHAPITRE 1. Méthodologie de l'enquête et cadre d'étude		
	Introduction	39
1.	Justification de l'approche méthodologique	39
2.	Zone d'étude et sélection des sites	41
2.1	Choix de la zone d'étude	41
2.2	Présentation de la région d'étude	41
2.3	Localisation des enquêtes et répartition des agriculteurs par commune	43
2.4	Localisation des enquêtes et répartition des vendeurs par commune	45
3.	Dispositif d'enquête et collecte des données	46
3.1	Enquête auprès des exploitants agricoles	46
3.2	Enquête auprès des vendeurs de pesticides	47
3.3	Données institutionnelles	48
4.	Détermination des résidus de pesticides sur la tomate et la pomme de terre	49
4.1	Justification du choix de la matrice	49
4.2	Echantillonnage	49
4.2.1	Echantillonnage de la tomate cultivée en plein champs	49
4.2.2	Echantillonnage de la pomme de terre	49
4.2.3	Justification du choix des régions d'échantillonnage	50
CHAPITRE II. Protocole expérimental d'analyse des résidus		
1.	Analyse et détermination des résidus de pesticides	51
1.1	Préparation de l'échantillon	51
1.2	Protocole d'extraction et de purification des résidus de pesticides	51
1.3	Analyse chromatographique par LC/MS	52
1.4	Optimisation des paramètres chromatographiques	55
2.	Traitement et analyse des données	55
Partie III :Résultats, analyse & discussion		
CHAPITRE I : Investigation des usages et pratiques en matière de phytosanitaire		
1.	Introduction	56
2.	Résultats et analyse des données	56
2.1	Caractéristiques socio-professionnelles des exploitants agricoles	56
2.1.1.	Âge des agriculteurs	57
2.1.2.	Niveau d'instruction	57
2.1.3.	Expérience agricole	58
2.1.4.	Modes d'acquisition des terres de l'exploitation agricole	59
2.1.5.	Participation des agriculteurs à une formation agricole	60
2.2.	Pratiques culturelles	61
2.2.1.	Types de cultures	61
2.2.2.	Superficie agricole utile (SAU)	61
2.2.3.	Types de systèmes d'irrigation	62
2.2.4.	Systèmes de culture	63
2.3.	Pratiques d'utilisation des pesticides et gestion phytosanitaire	63
2.3.1.	Types de produits	64
2.3.2.	Matières actives les plus utilisées	65

2.3.3. Familles chimiques des substances actives phytosanitaires utilisées	66
2.3.4. Types de Formulations des spécialités commerciales	67
2.3.5. Classes de toxicité des produits phytosanitaires utilisés	68
2.3.6. Pesticides agricoles : originaux et génériques	69
2.3.7. Évaluation des connaissances et des pratiques des agriculteurs concernant l'utilisation des pesticides agricoles et la sécurité sanitaire	70
2.3.8.1.Méthodes de contrôle	70
2.3.8.1.1.Utilisation de pièges à phéromones	71
2.3.8.2. Connaissance des utilisateurs sur le nom des pesticides utilisés	72
2.3.8.3.Connaissance de la matière active	73
2.3.8.4.Connaître le délai avant récolte	73
2.3.8.5.Respecte le délai avant récolte	73
2.3.8.6.Connaissance des agriculteurs aux pictogrammes	74
2.3.8.7.Pesticide reconditionné	75
2.3.8.8.Facteurs influençant le recours aux pesticides	76
2.3.8.9.Sources d'information sur l'utilisation des pesticides	76
2.3.8.10.Respect des bonnes pratiques lors de l'utilisation des pesticides	77
2.3.8.11.Niveau de respect des mesures de protection individuelle	78
2.3.8.12.Méthodes de gestion des emballages vides de pesticides	79
2.3.8.13.Stratégies de gestion des produits périmés	80
2.3.8.14.État des lieux du stockage des pesticides	81
2.3.8.15.Pratiques alimentaires et tabagiques lors de la pulvérisation	82
2.3.8.16.Opérateur de mélange et préparation des pesticides	82
2.3.8.17. Classification des agriculteurs	83
2.4 Savoir-faire paysan	85
2.4.1 Techniques de gestion durable de la fertilité des sols	85
2.4.1.1 Systèmes de rotation culturale pratiqués	86
2.4.2 Savoir-faire agricole lié à la protection des cultures	86
2.4.2.1 Mesures végétales et biologiques	86
2.4.2.2 Techniques de protection physique	89
2.4.2.3 Méthodes thermiques et environnementales	91
2.4.2.4 Techniques de maintenance et d'hygiène agricole	92
2.4.3 Système du ghout : un modèle de savoir-faire oasien	93
2.4.4 Diversification agricole et valorisation du savoir-faire local à travers la culture du qentous	94
3. Conclusion	95
CHAPITRE II :Rôle des vendeurs de pesticides et enjeux phytosanitaires	
1. Introduction	97
2. Résultats	97
2.1 Profil socio-démographique des vendeurs de pesticides	97
2.1.1 Age de vendeurs	97
2.1.2 Niveau d'instruction	98
2.1.3 Expérience commerciale	99
2.1.4 Niveau de formation agricole	99
2.1.5 Formation professionnelle à l'utilisation et à la gestion des produits phytosanitaires	100
2.1.6 Relations des vendeurs avec la Direction des Services Agricoles (DSA)	101
2.2 Détails des produits et des ventes	102
2.2.1 Disponibilité des types de pesticides dans les points de vente	102

2.2.2	Sources d'information et critères de sélection de pesticides	102
2.2.3	Méthode de sélection des pesticides proposés à la vente	104
2.2.4	Analyse de la fréquence de vente des différents types de pesticides selon le mode de culture	105
2.2.5	Principales sources d'information utilisées pour obtenir des renseignements sur les pesticides	107
2.2.6	Participation à une formation officielle sur l'utilisation des pesticides	108
2.2.7	Fréquence de mise à jour des connaissances sur les pesticides	109
2.2.8	Les sources d'information les plus fiables utilisées sur les pesticides	110
2.2.9	Soutien et informations des fabricants de pesticides auprès des vendeurs	111
2.3	Gestion des stocks et conditions de sécurité	112
2.3.1	Équipements de protection individuelle utilisés	112
2.3.2	Impact sur la santé lié à la manipulation des produits phytosanitaires	113
2.3.3	Comportement en cas d'exposition à un pesticide	113
2.3.4	Conscience des vendeurs des risques sanitaires et environnementaux liés à la manipulation des pesticides	114
2.3.5	Lieu de stockage des produits phytosanitaires	115
2.3.6	Situation actuelle du stockage des produits phytosanitaires	116
2.3.7	Gestion et élimination des pesticides périmés : enjeux et pratiques	117
2.3.8	Gestion sécurisée des contenants vides de pesticides : pratiques et recommandations	118
2.4	Pratiques de vente	119
2.4.1	Nature des activités professionnelles exercées	119
2.4.2	Critères de sélection des agriculteurs pour les produits agricoles	120
2.4.3	Produits phytosanitaires les plus demandés par les agriculteurs : analyse et tendances	121
2.4.4	Fréquence du soutien, de la formation et des conseils sur l'utilisation des pesticides agricoles et leurs impacts	123
2.4.5	Modes de contact des agriculteurs pour l'assistance liée aux pesticides agricoles	124
2.5	Défis et suggestions	125
2.5.1	Principaux défis rencontrés par les vendeurs dans leurs interactions avec les agriculteurs	125
2.5.2	Stratégies pour améliorer l'interaction entre les vendeurs de pesticides et les agriculteurs	126
2.5.3	Impact des problématiques liées aux pesticides sur la relation entre vendeurs et agriculteurs	127
2.5.4	Difficultés rencontrées par les vendeurs dans la fourniture de pesticides adaptés aux besoins des agriculteurs	128
2.5.5	Degré d'engagement des agriculteurs à suivre les instructions des vendeurs de pesticides	129
3.	Conclusion	130
CHAPITRE III : Evaluation de résidu des pesticides		
1.	INTRODUCTION	131
2.	Résultats	132
2.1	Analyse de données statistiques de production agricole	132
2.1.1	Production et importance économique de la tomate en Algérie	132
2.1.1.1	Production et importance économique de la tomate à El-Oued	133
2.1.2	Production et importance économique de la pomme de terre dans le monde	135

2.1.2.1	Production et importance économique de la pomme de terre en Algérie	136
2.1.2.2	Production et importance économique de la pomme de terre à El-Oued	136
2.2	Détermination des résidus de pesticides de tomate en plein champ et de pomme de terre	138
2.2.1	Détermination de la linéarité (Linéarité, R^2)	138
2.2.2	Détermination des limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ)	138
2.2.3	Présentation des chromatogrammes d'optimisation	139
2.2.4	Détermination des résidus de pesticides dans la tomate en plein champs	139
2.2.4.1	Caractéristiques socio-démographiques des producteurs de tomates	139
2.2.4.2	Analyse des résidus de pesticides : concentrations et conformité aux LMR	140
2.2.4.3	Influence des facteurs sociodémographiques et géographiques sur la contamination par les pesticides : Analyse de variance	143
3.	Conclusion	144
CHAPITER IV : Discussion		
1.	Discussion	145
2.	Obstacles Méthodologiques	147
2.1	Obstacles rencontrés auprès des agriculteurs	147
2.1.1	Difficultés logistiques et matérielles	147
2.1.2	Difficultés sociales et psychologiques	147
2.1.3	Difficultés méthodologiques	148
2.1.4	Difficultés organisationnelles et légales	148
2.1.5	Difficultés personnelles du chercheur	148
2.2	Obstacles rencontrés auprès des vendeurs de pesticides	148
2.2.1	Obstacles temporels et organisationnels	148
2.2.2	Obstacles psychologiques et réserve professionnelle	149
2.2.3	Obstacles logistiques	149
2.3	Obstacles analytiques dans l'étude des résidus	149
2.3.1	Obstacles liés à la collecte d'échantillons	149
2.3.2	Obstacles administratifs et logistiques laboratoire	149
2.3.3	Obstacles techniques réactifs/étalons	149
2.4	Impact méthodologique et recommandations	150
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES		151
Références bibliographiques		
Annexes		

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les pesticides agricoles constituent l'un des piliers essentiels de l'agriculture moderne (**Pathak et al., 2022; Lei et al., 2023**). Ils sont largement utilisés pour réduire les pertes de récoltes causées par les insectes, les maladies et les mauvaises herbes, contribuant ainsi à l'augmentation de la productivité et à l'amélioration de la qualité des produits agricoles (**Kalyabina et al., 2021**). Toutefois, l'usage intensif et non réglementé de ces substances chimiques comporte de sérieux risques sanitaires et environnementaux, parmi lesquels l'accumulation de résidus de pesticides dans les produits agricoles destinés à la consommation humaine, ainsi que leur transfert vers l'environnement, entraînant des effets négatifs durables sur la biodiversité et les écosystèmes (**Damalas & Koutroubas, 2016; Pathak et al., 2022**).

En Algérie, à l'instar de nombreux pays du pourtour méditerranéen, la transition vers une agriculture intensive, soutenue par l'usage massif de pesticides et d'engrais chimiques, s'est accélérée avec la modernisation des systèmes de production et la nécessité d'accroître les rendements afin de répondre à une demande alimentaire croissante (**Tria et al., 2020**). Au cours des dernières années, la production maraîchère, notamment celle de la tomate, a connu une expansion considérable. En 2022, la production nationale de tomate a dépassé 1,6 million de tonnes, pour une superficie cultivée avoisinant 25 000 hectares. Les cultures maraîchères figurent parmi les plus consommatrices de produits phytosanitaires, en raison de la diversité et de la fréquence des agents pathogènes qui les affectent (**Gouri et al., 2024**).

Bien que les pesticides agricoles soient un levier central du développement agricole, leur utilisation intensive et parfois non encadrée soulève des préoccupations croissantes en matière de santé et d'environnement. La wilaya d'El Oued illustre parfaitement cette double dynamique. Ces dernières années, elle a connu un profond bouleversement dans son secteur agricole grâce à l'adoption de techniques d'irrigation innovantes, à l'intégration des énergies renouvelables et à une approche axée sur la durabilité environnementale et l'efficacité économique. Ce territoire saharien est devenu un centre majeur de production maraîchère, en particulier pour les cultures de solanacées (tomate et pomme de terre), grâce à la valorisation des ressources en eau souterraine, à la mécanisation et à la transition vers des systèmes modernes (**Blom-Zandstra & Michielsen, 2020**).

Si la modernisation de l'agriculture dans la wilaya d'El Oued a permis une croissance remarquable de la production, elle a corollairement induit une intensification de l'usage des produits phytosanitaires. Cette dynamique, dictée par la spécialisation des cultures et

l'exigence de rendements élevés, s'exerce souvent dans un cadre technique et réglementaire encore lacunaire.

Dans ce contexte, les vendeurs d'intrants s'imposent comme les pivots du système, devenant les principaux prescripteurs de conseil au détriment parfois des structures officielles de vulgarisation. Or, cet équilibre repose sur une interaction complexe de facteurs : les modes de conduite culturale, le profil socio-économique des exploitants, les circuits de commercialisation et le degré d'appropriation des normes internationales. Ces variables constituent des déterminants majeurs de la qualité des ressources naturelles et de la sécurité sanitaire des denrées produites.

Malgré les progrès techniques enregistrés dans la région d'El Oued, la gestion phytosanitaire reste fortement influencée par le savoir-faire paysan, souvent construit à partir de l'expérience personnelle, des échanges entre agriculteurs et des conseils des vendeurs d'intrants. Cette réalité soulève plusieurs interrogations quant à l'adéquation de ces pratiques avec les recommandations techniques et les exigences de sécurité sanitaire. En effet, les décisions prises par les agriculteurs concernant le choix des matières actives, les doses appliquées, la fréquence des traitements et le respect des délais avant récolte sont directement susceptibles d'influencer les niveaux de résidus observés dans les productions agricoles.

Malgré l'importance croissante de l'agriculture saharienne dans l'économie agricole nationale, peu d'études ont adopté une approche intégrée combinant l'analyse des pratiques phytosanitaires des agriculteurs, l'évaluation du rôle des vendeurs de produits phytosanitaires et la mesure effective des résidus de pesticides dans les cultures maraîchères. Cette recherche ambitionne ainsi de combler cette lacune en proposant une vision globale du système phytosanitaire dans la région d'El Oued.

Dans un contexte marqué par une utilisation croissante des pesticides, il devient essentiel de comprendre comment les connaissances des producteurs, les stratégies de conseil des revendeurs et les pratiques phytosanitaires adoptées influencent la qualité sanitaire des productions maraîchères. La problématique centrale de cette étude peut ainsi être formulée comme suit : dans quelle mesure les pratiques phytosanitaires des agriculteurs et les mécanismes de conseil mis en œuvre dans la région d'El Oued permettent-ils d'assurer une utilisation raisonnée des pesticides et la conformité des productions aux normes de sécurité sanitaire ?

L'objectif général de cette recherche est d'évaluer le fonctionnement du système phytosanitaire dans la région d'El Oued à travers l'analyse des pratiques des agriculteurs, du rôle des vendeurs de produits phytosanitaires et de la qualité sanitaire des productions maraîchères.

Afin de répondre à cette problématique, nous avons formulé l'hypothèse générale selon laquelle le fonctionnement du système phytosanitaire dans la région d'El Oued résulte de l'interaction entre les connaissances et les pratiques des agriculteurs, l'influence des distributeurs de produits phytosanitaires et les exigences de sécurité sanitaire des productions agricoles. Cette hypothèse générale se décline en quatre hypothèses spécifiques :

- H1 : Les pratiques phytosanitaires des agriculteurs de la région d'El Oued présentent des écarts par rapport aux recommandations techniques et aux normes de sécurité en vigueur.
- H2 : Les distributeurs de produits phytosanitaires constituent la principale source d'information et exercent une influence significative sur les choix et les comportements phytosanitaires des producteurs.
- H3 : Malgré certaines insuffisances observées dans les pratiques agricoles, les niveaux de résidus de pesticides dans les tomates produites localement demeurent globalement conformes aux Limites Maximales de Résidus (LMR) fixées par les réglementations internationales.
- H4 : Les caractéristiques socio-économiques des agriculteurs (âge, niveau d'instruction, expérience agricole et taille de l'exploitation) influencent significativement leurs connaissances et leurs pratiques en matière d'utilisation des pesticides.

Afin de vérifier ces hypothèses et d'apporter des éléments de réponse à la problématique posée, cette recherche est structurée autour de trois axes complémentaires :

- Axe I : Évaluation empirique des pratiques phytosanitaires. Cet axe vise à analyser les connaissances des agriculteurs, leurs méthodes d'application et leur niveau d'adhésion aux protocoles de sécurité, afin d'identifier les risques réels sur le terrain et d'évaluer leur savoir-faire.
- Axe II : Analyse du rôle des prescripteurs commerciaux. Cette étude s'intéresse aux circuits d'approvisionnement et aux comportements des revendeurs, afin de mesurer leur influence sur les comportements d'achat et les pratiques des producteurs.

- Axe III : Caractérisation analytique de la sécurité sanitaire. Par le biais d'analyses de laboratoire rigoureuses, cet axe vise à quantifier les résidus de pesticides dans les cultures et à évaluer leur conformité aux Limites Maximales de Résidus (LMR) en vigueur.

Ce cadre analytique a pour ambition d'éclairer les défis liés à la gestion rationnelle et durable des intrants chimiques dans les agroécosystèmes sahariens. Il vise également à fournir des éléments d'aide à la décision pour les acteurs du secteur agricole et les pouvoirs publics, afin de promouvoir une agriculture à la fois productive, innovante, responsable et respectueuse des exigences de sécurité sanitaire et environnementale.

Partie I :

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
**Pesticides - enjeux et
répercussions**

Chapitre I : Pesticides - enjeux et répercussions

Dans ce chapitre, nous aborderons les principaux aspects liés aux pesticides, en précisant leur nature, leurs différentes catégories et leurs modes d'action. Nous examinerons également leurs effets sur l'environnement, ainsi que leur impact sur la santé humaine, en tenant compte des voies d'exposition et des effets potentiels, qu'ils soient aigus ou chroniques. L'objectif est d'offrir une vision claire des enjeux sanitaires et écologiques associés à leur utilisation.

1.1 Définition des pesticides

Le mot pesticide composé de deux parties : le suffixe « -cide » qui a pour origine le verbe latin « caedo, cadere » qui signifie « tuer ». On lui a adjoint la racine anglaise « pest » qui signifie animal ou plantes nuisibles à la culture (**López et al ., 2005**).

On appelle pesticide, produit phytosanitaire, produit phytopharmaceutique ou produit de traitement, toute substance ou préparation destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs et les espèces indésirables de plantes, d'animaux, des champignons ou des bactéries causant des dommages durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires (**Benzine, 2006**).

Le terme « résidus de pesticides » définit des substances présentes dans l'environnement ou dans des produits et qui constituent le surplus de l'emploi des pesticides. Ce terme définit, aussi bien les composés, que les produits de dégradation (on parle alors de résidus ou de métabolites) et des molécules interdites (**Bi et al., 2023**).

1.2 Historique des pesticides

Depuis longtemps les agriculteurs protègent leurs cultures contre les organismes nuisibles pour la maîtrise alimentaire. Au début s'est faite une lutte d'une nature physique, mais malgré cela, la lutte chimique reste aussi très ancienne (**Tableau 1**), citons le soufre utilisé en Grèce antique (10000 ans avant J.C). Ainsi l'arsenic (insecticide) utilisé depuis le début de notre ère, l'aconit (renonculacées) utilisé au Moyen Age (**Gatignol et Etienne, 2010**).

Tableau 1 : Histoire de l'évolution des trois principales classes de pesticides avec des exemples de substances actives (d'après El Mrabet, 2008 modifié).

Evolution des produits						
Catégories	Herbicide		Fongicide		Insecticide	
période	Familles chimiques	Exemples MA	Familles chimiques	Exemples MA	Familles chimiques	Exemples MA
Avant . 1900	Sulfate de cuivre Sulfate de fer		Soufre Sels de cuivre		Nicotine	
1900 – 1920	Acide sulfurique				Sels d'arsenic	
1920 – 1940	Colorants nitrés	Dinosèbe				
1940 – 1950	Phytohormone ...	2,4 -D			Organo-chlorés Organo-phosphorés	DDT Chlorpyrifos, Dimethoate
1950 – 1960	Triazines , urées Substituées carbammates	Atrazine, liuron Chlorotolurone Barbam	Dithiocarbamates Phtalimides	Zineb	Carbamates	Méthomthyl, PYRIMICARBE
1960 – 1970	Dipridyles Toluidines	Paraquat	Benzimidazoles	Thiophanat- methyl		
1970 – 1980	Amino- phosphantes Propionates ...		Triazoles Dicarboximides Amides, phosphites Morpholines	Difenoconazole Iprodione Dimethomorphe	Pyréthrinoïdes Benzoyl-urées (régulateurs de croissance)	Lambda- cyhalothrine
1980 – 1990	Sulfonyl urée				néonicotinoïde	Imidachloprid
1990 – 2000			Phénylpyrroles Strobilurines	Azoxystrobine	phénylpyrazoles	Fipronil

1.3 Classification des pesticides:

À l'heure actuelle, les pesticides commercialisés présentent une grande diversité en termes de structures chimiques et de modes d'action. Cette diversité reflète la complexité croissante des besoins agricoles modernes, ainsi que les efforts déployés pour adapter les produits phytosanitaires aux différents contextes d'utilisation. De manière générale, les pesticides peuvent être classés selon quatre approches principales (**Garud et al., 2024**) :

- A. D'après les organismes vivants cibles;
- B. D'après. leurs caractéristiques chimiques;
- C. D'après leurs usages;
- D. D'après des risques (toxicologiques).

1.3.1 Classification biologique:

En fonction des organismes vivants ciblés, il existe plusieurs catégories de pesticides, parmi lesquelles les insecticides, les fongicides et les herbicides constituent les principales. Les insecticides sont destinés à éliminer les insectes nuisibles, les fongicides à lutter contre les maladies causées par des champignons, et les herbicides à contrôler ou détruire les adventices qui concurrencent les cultures. Chaque type de pesticide est spécifiquement formulé pour agir sur un groupe particulier d'organismes, ce qui permet d'adapter leur utilisation en fonction des besoins agronomiques.

1.3.1.1 Herbicide:

Les herbicides représentent la catégorie de pesticides la plus largement utilisée à l'échelle mondiale, toutes cultures confondues. Ils sont conçus pour éliminer les plantes indésirables qui entrent en compétition avec les cultures principales pour la lumière, l'eau et les nutriments, entravant ainsi leur croissance optimale (**Gianessi, 2013, Parven et al., 2024**) . Dans les pays en développement, l'utilisation des herbicides connaît une progression rapide, en grande partie en raison de la pénurie de main-d'oeuvre et du coût élevé du désherbage manuel. Comparés aux méthodes traditionnelles comme le désherbage à la main ou le travail mécanique du sol, les herbicides permettent d'améliorer significativement les rendements agricoles, tout en réduisant le temps et les efforts nécessaires à la gestion des adventices (**Gianessi, 2013**). Les herbicides ont différentes façons d'agir sur les végétaux, ils peuvent l'être:

Perturbateurs de la régulation d'une hormone de croissance telle que l'auxine : 2,4-D , les acides pyridines ...

- ❖ Perturbateurs de la photosynthèse : les triazines, les urées substituées,...
- ❖ Inhibiteurs de la division cellulaire : les carbamates, les dinitroanilines,...
- ❖ Inhibiteurs de la synthèse des lipides : les cyclohexanediones, les propinates,...
- ❖ Inhibiteurs de la synthèse cellulose : les benzamides, les nitriles,...
- ❖ Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés : les acides phosphoniques, les amino phosphanates, (**Garud et al., 2024**).

1.3.1.2 Fongicide:

Les fongicides sont utilisés pour éliminer ou limiter le développement des champignons parasites responsables de maladies chez les plantes cultivées (**McLaughlin et al., 2023, Islam et al., 2024**). Ils constituent un outil essentiel pour protéger les cultures contre les infections fongiques, réduisant ainsi les pertes agricoles et améliorant la qualité des récoltes (**McLaughlin et al., 2023**). Leur application vise à contrôler la croissance des champignons pathogènes et à limiter la propagation des maladies dans les champs.

Selon **Garud et al. (2024)**, les fongicides peuvent agir différemment sur ces organismes comme étant:

- ❖ Inhibiteurs le système respiratoire: déthiocarbamates, cuivre, soufre...
- ❖ Inhibiteurs de la division cellulaire: benzimidazoles...
- ❖ perturbant la biosynthèse des steroles: imidazoles, amides...
- ❖ les perturbateurs du métabolisme des glucides

1.3.1.3 Insecticide :

Les insecticides sont des substances chimiques spécifiquement conçues pour tuer ou contrôler les populations d'insectes. Ils sont largement utilisés en agriculture et dans la lutte contre les maladies transmises par les insectes, car leur action vise à éliminer les insectes nuisibles aux cultures (**Araújo et al., 2023**). Différent mode d'action des insecticides existent selon **Siegwart. (2019)**

1.3.1.3.1 Insecticides neurotoxiques:

Les insecticides agissent principalement sur le système nerveux des insectes (**Tableau 2**). Ils perturbent la transmission des signaux nerveux, entraînant paralysie et mort des ravageurs, ce qui permet de protéger efficacement les cultures (**Araújo et al., 2023**). Cependant, cette action neurotoxique n'est pas toujours sélective, et peut également affecter des organismes non ciblés, notamment les pollinisateurs et les prédateurs naturels (**Wan et al., 2025**).

Tableau 2: Principales cibles neurobiologiques des insecticides agissant sur le système nerveux des ravageurs (Siegwart, 2019)

Famille d'insecticide	Cible moléculaire
Pyréthrinoides	Canal sodium
Carbamates	Acétylcholinestérase
Orghanophosphorés	Acétylcholinestérase
Avermectines	Récepteur GABA
Neonicotinoides	Récepteur nicotinique à acétylcholine
Spinosines	Récepteur nicotinique à acétylcholine

1.3.1.3.2 Insecticides agissant sur la croissance des insectes:

Les insecticides agissant sur la croissance des insectes, appelés régulateurs de croissance des insectes (IGR), perturbent des processus physiologiques essentiels au développement des insectes, sans affecter directement les vertébrés (**Araújo et al., 2023**). Ils représentent une alternative plus ciblée et souvent plus respectueuse de l'environnement que les insecticides classiques. Leurs mécanismes d'action sont :

- ❖ **Inhibition de la synthèse de la chitine** : Certains IGR bloquent la production de chitine, un composant clé de la cuticule des insectes, empêchant ainsi la mue et provoquant la mort des larves (**Chen et al., 2023**).
- ❖ **Mimétisme ou blocage des hormones de croissance** : D'autres IGR imitent ou inhibent les hormones juvéniles ou l'ecdysone, perturbant la métamorphose, la reproduction ou la mue des insectes (**Schmid et al., 2021**).

❖ **Ciblage de récepteurs spécifiques** : Des composés récents ciblent des récepteurs hormonaux ou enzymatiques précis, comme les récepteurs de l'allatostatine ou les chitinases, pour bloquer la croissance (**Schmid et al., 2021**).

1.3.1.3.3 Insecticides et acaricides agissant sur la respiration cellulaire:

Les insecticides et acaricides agissant sur la respiration cellulaire ciblent principalement la chaîne de transport d'électrons dans les mitochondries des insectes et des acariens. En perturbant la production d'ATP, source principale d'énergie cellulaire, ces produits entraînent une défaillance énergétique rapide, conduisant à la paralysie puis à la mort des organismes ciblés. Ce mode d'action s'avère particulièrement important dans la lutte contre les ravageurs ayant développé une résistance à d'autres classes de pesticides (**Charli et al., 2016**).

Les mécanismes d'action de ces composés sont :

❖ **Inhibition du complexe I (NADH:ubiquinone oxydoréductase)** : Des composés comme le pyridaben et le tebufenpyrad bloquent le complexe I, réduisant la consommation d'oxygène mitochondriale, la production d'ATP et induisant un stress oxydatif (**Charli et al., 2016**).

❖ **Inhibition d'autres complexes mitochondriaux** : Certains acaricides, comme la diafenthiuron (via son métabolite carbodiimide), inhibent la respiration mitochondriale en bloquant l'ATPase, ce qui diffère des autres inhibiteurs (**Van Leeuwen et al., 2014**).

❖ **Inhibition par des composés naturels** : Les acétogénines issues de plantes inhibent également la chaîne de transport d'électrons, montrant une efficacité comparable à certains acaricides synthétiques (**Grba et al., 2022**).

1.3.1.3.4 Insecticides toxiques musculaires:

Les insecticides et acaricides toxiques musculaires agissent directement sur les muscles ou la jonction neuromusculaire des insectes, provoquant paralysie, faiblesse ou mort. Ces composés ciblent souvent les canaux ioniques, les récepteurs ou les enzymes impliqués dans la contraction musculaire (**Larson et al., 2016, Ma et al., 2021**). Les mécanismes d'action de ces composés sont :

- ❖ **Inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE)** : Les organophosphorés et carbamates inhibent l'AChE, entraînant une accumulation d'acétylcholine à la jonction neuromusculaire, ce qui provoque des contractions musculaires soutenues, des fasciculations, puis une paralysie et une nécrose musculaire (**Dissanayake et al., 2021**)
- ❖ **Ciblage des canaux ioniques** : Certains insecticides, comme les pyrethroïdes ou les bloqueurs de canaux potassiques, perturbent la transmission du signal électrique dans les muscles, entraînant des contractions anormales ou une paralysie (**Larson et al., 2016**).
- ❖ **Altération des récepteurs du calcium** : Des composés botaniques comme la wilforine agissent sur les récepteurs de la ryanodine, perturbant la libération de calcium et la contraction musculaire (**Ma et al., 2021**).

1.3.1.3.5 Insecticides agissant sur la voie de biosynthèse des lipides:

Les insecticides agissant sur la voie de biosynthèse des lipides se caractérisent par leur capacité à inhiber la formation des acides gras essentiels chez les insectes, induisant ainsi des perturbations majeures dans les fonctions biologiques vitales liées à la croissance et à la reproduction. Parmi les composés les plus représentatifs de cette classe figurent le spirotétramate et le spiromésifène (**Lümmen et al., 2014**).

Ces substances exercent leur action en ciblant spécifiquement l'enzyme acétyl-CoA carboxylase, qui catalyse l'étape initiale de la synthèse des acides gras. Son inhibition bloque la production des lipides nécessaires à la constitution des membranes cellulaires et à la réserve énergétique. Cette perturbation entraîne un arrêt du développement larvaire, une baisse significative de la fertilité chez les adultes, et conduit inévitablement à la mort des individus exposés (**Lümmen et al., 2014**).

1.3.1.3.6 Insecticides toxiques sensorial:

Les insecticides dits "toxiques sensoriels" ciblent principalement les insectes piqueurs-suceurs en agissant sur des récepteurs localisés au niveau d'organes sensoriels spécifiques (**Siegwart, 2019**). Ils interfèrent avec le système nerveux des insectes en perturbant la transmission des signaux sensoriels indispensables à leur orientation, leur alimentation ou leur reproduction. Cette

catégorie regroupe plusieurs familles chimiques majeures telles que les néonicotinoïdes, les pyréthrianoïdes, les organophosphorés et les carbamates, qui ciblent divers récepteurs et canaux ioniques impliqués dans la perception sensorielle (**Abreu-Villaça et Levin, 2017**). Ces composés exercent donc leurs effets à travers différents mécanismes d'action sensorielle, parmi lesquels on peut citer :

- ❖ **Néonicotinoïdes** : Agonistes des récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine, ils perturbent la transmission synaptique, entraînant paralysie et mort chez l'insecte .
- ❖ **Pyréthrianoïdes** : Agissent sur les canaux sodiques voltage-dépendants, provoquant une hyperexcitation nerveuse et des troubles sensoriels .
- ❖ **Organophosphorés et carbamates** : Inhibent l'acétylcholinestérase, provoquant une accumulation d'acétylcholine et une stimulation excessive des synapses.

Outre les trois familles susmentionnées, on peut citer d'autres exemples :

- ❖ **les acaricides**, contre les acariens;
- ❖ **les némantocides**, contre les vers du groupe de nématodes;
- ❖ **les rodenticides**, contre les rongeurs;
- ❖ **les taupicides**, contre les taupes;
- ❖ **les molluscicides**, contre les limaces et escargots;
- ❖ **les corvicides et corvifuges**, contre les corbeaux et les autres oiseaux ravageurs de culture.

1.3.2 Classification chimique:

Les pesticides peuvent être classés en trois catégories (**Bettiche, 2017**), selon leur composition chimique : pesticides inorganiques, organo-métalliques et organiques. Chacune de ces catégories possède des caractéristiques, des usages et des impacts spécifiques.

1.3.2.1 Pesticides inorganiques:

Ces pesticides sont peu nombreux, mais quelques-uns comme le soufre et le cuivre sont utilisés en très grandes quantités. Leur emploi est apparu bien avant les débuts de la chimie organique de synthèse. La plupart de ceux-ci sont des fongicides à base de soufre et de cuivre (**Bleyer et al., 2024**).

1.3.2.2 Pesticides organo-métalliques:

Il s'agit essentiellement de fongicides composés d'un complexe métallique composé de zinc et de manganèse et d'un anion dithiocarbamate organique. Le mancozèbe (avec zinc) et le manèbe (avec manganèse) en sont des exemples emblématiques (**Garud et al., 2024**).

1.3.2.3 Pesticides organiques:

Il existe actuellement plus de 80 familles ou classes chimiques mais leurs noms sont parfois arbitraires. Les principales familles chimiques de pesticides identifiées par des groupes d'atomes correspondant à une fonction chimique spécifique sont les suivantes. : les acides carboxyliques, les amines, les carbamates, les thiocarbamates, les hétérocycles azotés, les azoles, les organophosphorés, les pyréthrinoides, les urées substituées, les sulfonylurées, les uraciles et les diphényles éther (**Bettiche, 2017**).

1.3.3 Classification d'après leurs usages:

Six catégories de pesticides sont classées selon la destination du traitement; dans la présente étude, nous mettrons l'accent principalement sur les substances utilisées pour la protection des cultures. Il s'agit des substances les plus nombreuses, au sens des herbicides, fongicides insecticides et acaricides. De plus, les pesticides sont utilisés pour la protection des bâtiments d'élevage, le traitement des entrepôts de produits végétaux, traitement des zones non agricoles, traitement des bâtiments résidentiels et traitement des êtres humains et des animaux, (**Bettiche, 2017**).

1.3.4 Classification toxicologiques:

La classification distingue, pour chaque pesticide, entre les formes dangereuses et celles qui le sont moins en ce sens qu'elle est fondée sur la toxicité du composé technique et de ses formulations. (En particulier, elle tient compte des dangers moindres que présentent les produits solides par rapport aux produits liquides).

La classification est établie avant tout à partir de la toxicité aiguë par voie orale et par voie dermique pour le rat puisque ces déterminations constituent des épreuves classiques en toxicologie. Lorsque la DL50 dermique d'un composé est telle qu'elle situe celui-ci dans une classe plus restrictive que ne le ferait la DL50 orale, le composé sera toujours rangé dans la classe la plus restrictive. Le classement d'un composé peut être modifié si, pour une raison ou pour une autre, le danger aigu que présente le produit pour l'être humain diffère de celui qu'indiquent les

seules évaluations de la DL50 (OMS, 2019). Il y a 5 classes (Tableau 3) de pesticides établies selon leur risque pour les humains :

Tableau 3: Classification des pesticides selon leurs classes de danger toxicologique

Classe	DL50 pour le rat (mg/kg de poids corporel)		Exemples
	Voie orale	Voie dermique	
Ia: extrêmement dangereux	< 5	< 50	carbamates
Ib: très dangereux	5 à 50	50 à 200	Avermectine
II: modérément dangereux	50 à 2000	200 à 2000	organophosphorés
III: légèrement dangereux	Plus de 2000	Plus de 2000	urées substituées
U: peu susceptibles de présenter un risque aigu	5000 ou plus		Benzimidazoles

1.4 Marché mondiale des pesticides

Le marché des pesticides et des engrais connaît un essor ininterrompu. En 2016, environ 4,1 millions de tonnes de substances actives de pesticides ont été utilisées dans le monde, soit le double du volume consommé en 1990. La valeur totale du marché des pesticides était estimée à quelque 65 milliards de dollars en 2018. Selon les prévisions, ce marché devrait progresser à un taux composé de croissance annuelle (TCCA) de 3,7 % entre 2020 et 2025 pour atteindre environ 71 milliards de dollars d'ici 2025 (ONU, 2022).

1.4.1 Consommation mondial des produits phytosanitaires

L'utilisation mondiale des pesticides a augmenté de 30 % entre 2000 et 2020, pour atteindre 2,7 millions de tonnes en 2020 (Figure 1). Presque toute l'augmentation a eu lieu entre 2000 et 2012, avec un plateau jusqu'en 2017 et un léger déclin par la suite. Les contributions les plus élevées proviennent des Amériques, suivies de l'Asie, de l'Europe, de l'Afrique et de l'Océanie. La part des Amériques, qui y contribue le plus, est passée de 44 % à 51 % de la consommation mondiale de pesticides, tandis que celle de l'Asie et de l'Europe a diminué de 4 à 5 points de pourcentage, passant respectivement à 25 % et 18 %. L'Afrique et l'Océanie ont appliqué de petites quantités de pesticides au fil du temps, mais l'Océanie a néanmoins enregistré la plus forte croissance des applications de pesticides (+86 %). Les États-Unis d'Amérique ont été les plus grands utilisateurs de pesticides en 2020 avec 0,41 million de tonnes, soit 15 % du total mondial, légèrement devant le Brésil (0,38 million de tonnes) et la Chine (0,27 million de tonnes) (FAO, 2022).

L'utilisation mondiale de pesticides par superficie cultivée a augmenté de 25 % dans les années 2000, passant de 1,5 kg/ha à 1,8 kg/ha et s'est stabilisée après 2010 (Figure 2), malgré

d'importantes différences régionales. Les taux d'épandage de pesticides en 2020 étaient de loin les plus élevés dans les Amériques, suivis par l'Océanie, l'Europe, l'Asie et l'Afrique. À la fin des années 2010, l'Océanie dépassait l'Europe et la moyenne mondiale. L'Asie est la seule région où l'utilisation de pesticides par superficie cultivée n'a pas augmenté entre 2010 et 2020. Les trois principaux pays en termes de taux d'application de pesticides pour 2020 étaient Sainte-Lucie, avec 20 kg/ha, les Maldives, avec 17 kg/ha et Oman, avec 16 kg/ha (FAO, 2022).

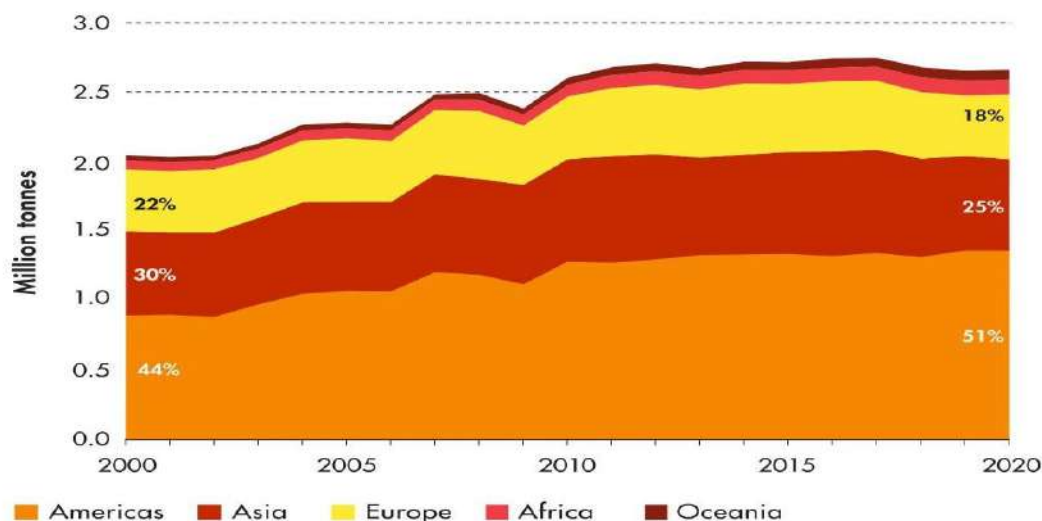


Figure 1. Utilisation des pesticides par continent (FAO, 2022)

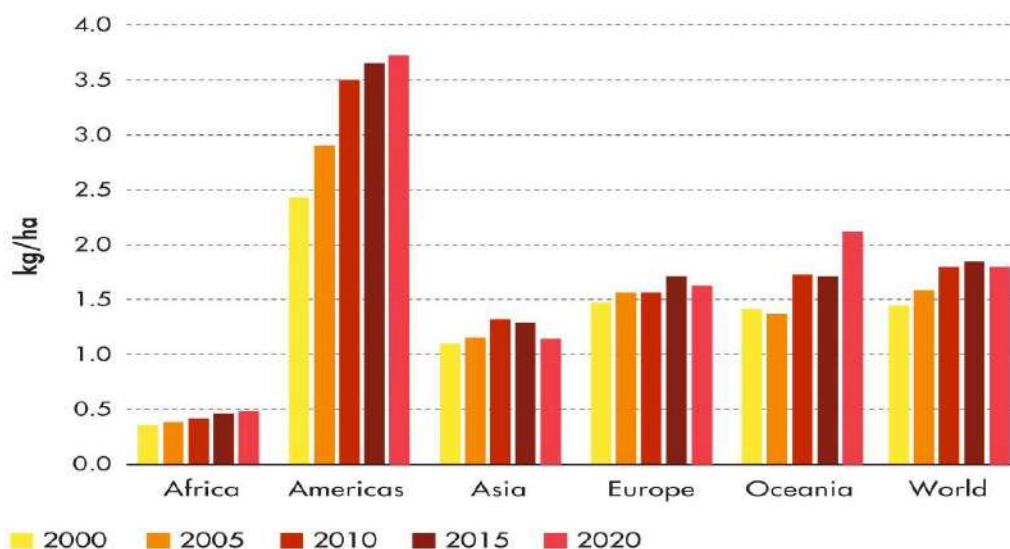


Figure 2. Utilisation mondiale de pesticides par superficie avec continent (FAO, 2022)

D'après **FAO, (2022)**, l'utilisation algérienne des pesticides a augmenté de 139 % entre 2000 et 2020, pour atteindre 6 067 de tonnes en 2020. L'augmentation est début en 2015 à 2017 après cela, il est devenu stable (**Figure 3**).

L'utilisation de pesticides par superficie cultivée en Algérie a augmenté de 130 % dans les années 2000, passant de 0,53 kg/ha à 0,71 kg/ha (**Figure 4**); le même taux d'épandage était enregistré en Tunisie. Mais il est moins de taux par rapport à Morocco 1.39 à 1.59 kg/ha et 1.50 à 2.90 kg/ha en Egypt.

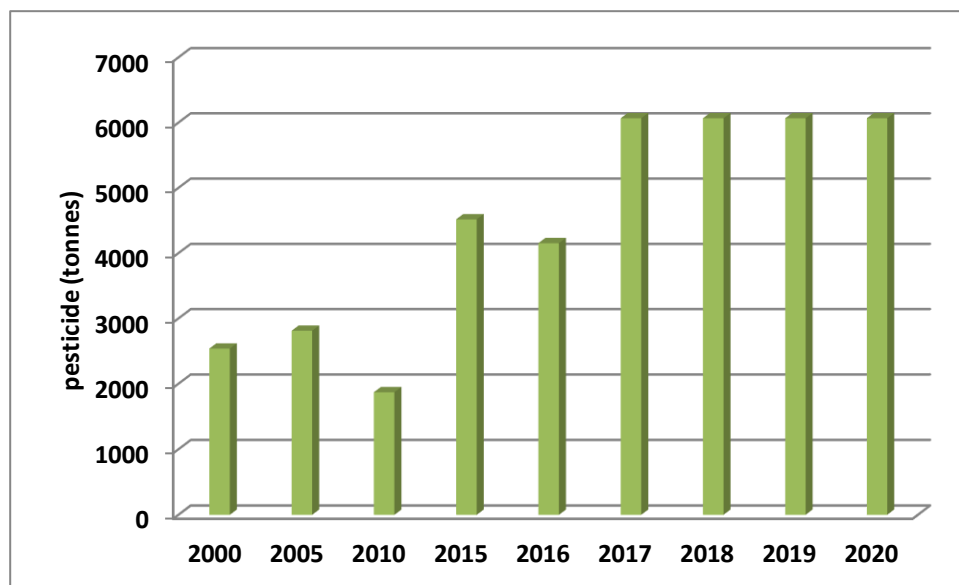


Figure 3. Dynamique de l'utilisation des pesticides en Algérie (2000–2020) (FAO, 2022)

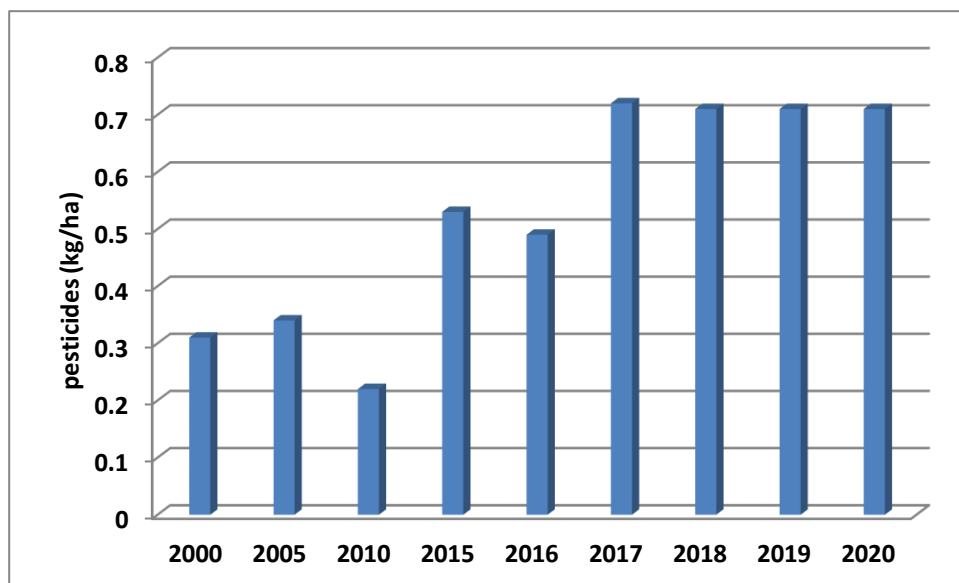


Figure 4. Évolution de l'utilisation des pesticides en Algérie (2000–2020) (FAO, 2022)

1.5 Devenir des pesticides dans l'environnement:

Généralement, les pesticides engendrent un effet néfaste sur l'environnement, un certain nombre de risques à l'égard de la composition chimique de l'air, de l'eau et du sol qui se traduisent par des pollutions dont les conséquences toxicologiques (pour l'homme) et éco-toxicologiques (pour les organismes vivants autres que l'homme) peuvent être préjudiciables à la qualité de l'environnement (**Pathak *et al.*, 2022**).

Les principales sources de pesticides retrouvés dans les récoltes, les produits alimentaires ou dans les différents compartiments environnementaux, tels que les sols ou l'eau sont : le transfert d'application des pesticides aux sols et aux récoltes croissants (**Figure 5**);

- la lixiviation des pesticides principalement dans les eaux souterraines;
- la dérive des pesticides provenant d'un champ adjacent;
- le transport des pesticides dans les cours d'eau, les fleuves et les lacs;
- les effluents d'industrie de pesticides rejetés dans les fleuves, les cours d'eau et absorbés par les sols et qui peuvent être transférés aux récoltes (**EL MRABET *et al.*, 2008**).

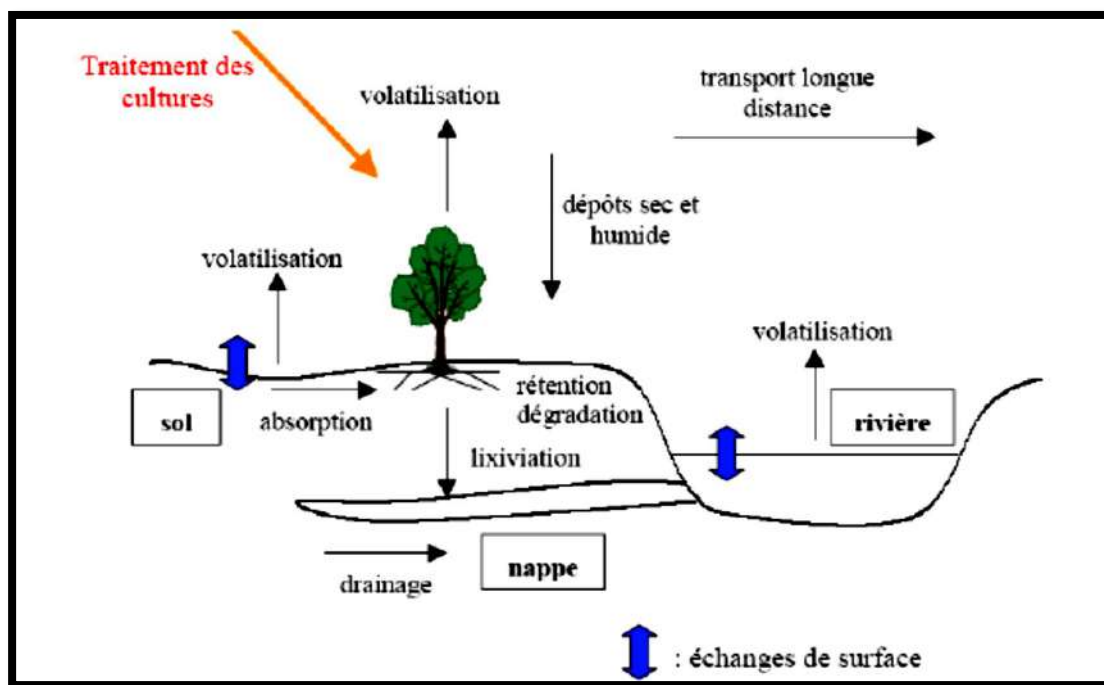


Figure 5. Devenir des pesticides dans l'environnement (Boucher, 2003 in Aissaoui 2013)

1.5.1 Impacts des pesticides sur l'environnement :

L'utilisation massive de pesticides en agriculture et dans d'autres secteurs a des conséquences majeures sur l'environnement. Bien qu'ils contribuent à augmenter les rendements agricoles, leur persistance, leur toxicité et leur dispersion entraînent de nombreux effets négatifs sur les écosystèmes et la biodiversité. Les principaux impacts sur l'environnement sont :

Contamination des sols, de l'eau et de l'air : Les pesticides polluent les sols, les eaux de surface et souterraines, et peuvent être transportés par l'air, affectant des zones éloignées de leur point d'application (**Sharma *et al.*, 2019**).

- ❖ **Bioaccumulation et biomagnification** : Certains pesticides persistants s'accumulent dans les organismes vivants et se concentrent le long de la chaîne alimentaire, menaçant les prédateurs supérieurs et la santé humaine (**Sharma *et al.*, 2019**).
- ❖ **Atteinte à la biodiversité** : Les pesticides nuisent aux organismes non ciblés, comme les pollinisateurs (abeilles), les oiseaux, les poissons, les amphibiens, les vers de terre et les micro-organismes du sol, perturbant les équilibres écologiques (**Sánchez-Bayo , 2021, Sharma *et al.*, 2019**).
- ❖ **Effets indirects** : La réduction des populations de prédateurs naturels et de pollinisateurs peut entraîner des déséquilibres, des épidémies de ravageurs secondaires et une diminution de la fertilité des sols (**Sánchez-Bayo , 2021**).

CHAPITRE II :

Détection des résidus de pesticides dans les produits agricoles

Chapitre II : Détection des résidus de pesticides dans les produits agricoles

Ce chapitre examine la problématique des résidus de pesticides au sein des productions horticoles (fruits et légumes). Il passe en revue les principales méthodes analytiques dédiées à leur détection, tout en analysant les enjeux sanitaires et les cadres réglementaires qui régissent leur présence dans les produits agricoles.

1. Introduction et généralités

Les résidu de pesticides sont des traces de produits chimiques utilisée pour protéger les culture contre les parasites, les maladies et les mauvaises herbes. Ils peuvent persister dans les sols et l'eau pendant des années, et certains d'entre eux peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire **(OMS, 2022)**. Les résidus présents dans les cultures traitées peuvent être transportés du champ à la nourriture par l'application directe de pesticides sur les cultures jusqu'au moment de la récolte. Ils peuvent ensuite pénétrer dans l'approvisionnement en eau ou contaminer le sol et les aliments pour animaux et donc se retrouver indirectement dans notre alimentation. La chaîne alimentaire humaine est également affectée par les résidus de pesticides présents dans les cultures, le sol et l'eau. L'absorption de résidus de pesticides dans l'organisme a été associée à des malformations congénitales, à des dangers pour l'embryon, à des maladies, à des malformations héréditaires, à la neurotoxicité et à la perturbation du système endocrinien **(Muzafar Riyaz et al.,2021)**.. Pour protéger les consommateurs, des limites maximales de résidus (LMR) sont établies par des organismes de réglementation dans de nombreux pays **(FAO, 2022)**.

2. Quelques notions relatives aux résidus de pesticides

2.1 Limite maximale de résidus (LMR)

Une limite maximale de résidus (LMR) correspond à la concentration maximale légale d'un résidu de pesticide dans une denrée alimentaire ou un aliment pour animaux. Une LMR est considérée comme représentant la concentration maximale de résidus que l'on peut s'attendre à trouver dans une denrée alimentaire ou un aliment pour animaux si un pesticide est appliqué conformément aux bonnes pratiques agricoles **(FAO, 2002)**.

Les résidus de pesticides sont identifiés et quantifiés en comparant l'extrait de l'échantillon à une solution standard d'étalonnage, puis en les analysant par chromatographie liquide ou gazeuse

couplée à la spectroscopie de masse. Une fois qu'il a été démontré que les pesticides sont sans danger pour les consommateurs, des LMR sont fixées pour eux.

Ils font l'objet de LMR qui sont déterminées sur la base d'évaluations rigoureuses. Une limite maximale de résidus (LMR) désigne la quantité maximale de résidus légalement autorisée dans les denrées alimentaires, mesurée en milligrammes de substance par kilogramme de denrée alimentaire.

Sur la base de bonnes pratiques agricoles. Les LMR sont fixées à des niveaux très inférieurs à ceux qui pourraient présenter un risque pour la santé humaine. Comme les LMR ne sont pas des limites de sécurité, mais des normes commerciales, elles ne sont pas déterminées par l'industrie. En revanche, elles sont déterminées par des agences gouvernementales indépendantes qui examinent en détail chaque substance active présente dans les pesticide (**MacLachlan et Hamilton., 2011; Muzafar Riyaz et al.,2021**). La contamination des produits agricoles par les résidus de pesticides est due à plusieurs facteurs, notamment le manque de formation des agriculteurs, le manque de suivi de l'utilisation des pesticides ou encore l'absence d'une réglementation rigoureuse dans certains pays. Ces raisons engendrent des pratiques agricoles incorrectes et néfastes telles que le surdosage ou le non-respect du DAR, procurant ainsi des fruits et légumes contaminés par les pesticides, et parfois à des seuils alarmants. (**MWANJA et al., 2017**). Les bonnes pratiques agricoles pour une substance active et une culture données correspondent à la pratique qui conduit à une concentration en résidu inférieure à la LMR. En général, cela correspond :

- au respect du délai avant récolte;
- au respect de la dose par hectare indiquée par le fabricant,
- la limitation du nombre d'applications par saison (**Mebdoua, 2017**).

2.2 Dose sans effet (DSE)

La dose sans effet (DSE), aussi appelée « No Observed Adverse Effect Level » (NOAEL), est la dose la plus élevée d'une substance qui ne provoque aucun effet toxique détectable chez les animaux lors d'études expérimentales. Elle est généralement exprimée en mg de substance par kg de poids corporel et par jour, et sert de référence pour évaluer la sécurité des pesticides (**Conley et al., 2021**).

2.3 Dose journalière admissible (DJA)

La dose journalière admissible (DJA), ou « acceptable daily intake (ADI) », est la quantité d'un pesticide (ou autre substance chimique) qui peut être consommée quotidiennement pendant toute la vie sans risque appréciable pour la santé humaine (**Mahdavi et al., 2022**). Elle s'exprime en milligrammes (mg) ou microgrammes (μg) de résidu par kilogramme de poids corporel et par jour (**Index, 2017**).

2.4 Délai d'emploi avant récolte (DAR)

Le délai d'emploi avant récolte (DAR), aussi appelé « pre-harvest interval » (PHI) en anglais, est une notion clé en agriculture pour garantir la sécurité alimentaire. Le DAR correspond au délai minimal obligatoire entre le dernier traitement phytosanitaire (pesticide, fongicide, etc.) et la récolte d'une culture, afin de s'assurer que les résidus de produits soient en dessous des limites maximales autorisées et sans risque pour le consommateur (**Ahmed et al., 2020**).

2.5 Dose létale (DL50)

La dose létale médiane (DL50) désigne la quantité d'une substance qui entraîne la mort de 50% des sujets exposés lors d'un essai. Elle s'exprime en milligrammes de substance administrée par kilogramme de poids corporel. Cet indicateur permet d'évaluer la toxicité aiguë d'un produit chimique : plus la valeur de la DL50 est faible, plus la substance est toxique (**Saini et Mathur, 2025**).

2.6 Limite de détection (LD)

La limite de détection (LD ou LOD pour "limit of detection") est un paramètre fondamental en chimie analytique et en contrôle des résidus. Elle correspond à la plus petite concentration ou quantité d'une substance (analyte) qui peut être détectée, mais pas nécessairement quantifiée, dans les conditions expérimentales de la méthode utilisée (**Chowdhury et al., 2024**).

2.7 Limite de quantification (LOQ)

Selon **Chowdhury et al. (2024)**, la limite de quantification (LOQ) correspond à la plus faible concentration d'un pesticide qui peut être mesurée et quantifiée avec précision et fiabilité à l'aide de la méthode analytique adoptée. La LOQ est déterminée en fonction des performances de la

méthode, et à ce niveau, la justesse (récupération) et la répétabilité doivent être conformes aux critères acceptés. Généralement, la LOQ est fixée à un rapport signal/bruit de 10:1. Elle garantit que les résultats de l'analyse quantitative des pesticides dans les aliments, les sols ou les produits agricoles sont fiables et exacts.

3. Impact des résidus de pesticides

Les résidus de pesticides ont un impact significatif sur l'environnement, la biodiversité et la santé humaine. Ils persistent dans les sols, l'eau, l'air et les aliments, exposant ainsi de nombreux organismes vivants à des risques chroniques et aigus.

3.1 Effets sur l'environnement et la biodiversité

D'après **Silva et al.(2023)** les résidus des pesticides à un effet sur l'environnement et la biodiversité comme suite :

- ❖ **Contamination généralisée** : Des résidus de pesticides sont détectés dans la quasi-totalité des sols agricoles, y compris dans des zones non traitées, avec parfois des mélanges complexes de substances
- ❖ **Risque pour la faune du sol** : Les vers de terre et autres invertébrés du sol sont particulièrement vulnérables, certains insecticides et fongicides présentant un risque modéré à élevé pour ces organismes essentiels à la fertilité des sols
- ❖ **Effets sur la biodiversité** : Les résidus peuvent affecter la diversité biologique, perturber les chaînes alimentaires et nuire à la santé des écosystèmes

3.2 Effets sur la santé humaine

3.2.1 Effets aigus

Les effets aigus des pesticides surviennent immédiatement ou dans les heures suivant l'exposition et sont généralement réversibles avec un traitement approprié. Ils résultent principalement d'expositions accidentelles ou intentionnelles à des doses élevées.

3.2.1.1 Intoxications par les organophosphorés

Les pesticides organophosphorés représentent la principale cause d'intoxications aiguës graves. Ils inhibent l'acétylcholinestérase, entraînant une accumulation d'acétylcholine dans l'organisme (Derkaoui *et al.*, 2011).

D'après Derkaoui *et al.* (2011) les symptômes cliniques sont :

- ❖ **Syndrome muscarinique** : myosis, hypersécrétion bronchique et salivaire, bronchoconstriction, vomissements, diarrhée, bradycardie
- ❖ **Syndrome nicotinique** : fasciculations musculaires, faiblesse musculaire, tachycardie, hypertension artérielle
- ❖ **Syndrome central** : confusion, anxiété, convulsions, coma
- ❖ **Syndrome intermédiaire** : Le syndrome intermédiaire peut survenir 1 à 4 jours après la phase aiguë, caractérisé par un déficit moteur touchant les muscles proximaux, fléchisseurs du cou et respiratoires, nécessitant une surveillance prolongée.

3.2.2 Effets chroniques

Les effets chroniques résultent d'expositions répétées à long terme, souvent à faibles doses, et peuvent se manifester après des années d'exposition. Ils sont généralement irréversibles et concernent principalement les populations professionnellement exposées.

Les effets à long terme impliquent des mécanismes moléculaires complexes, incluent des perturbations du système immunitaire, du microbiote intestinal et des processus métaboliques (Cao *et al.*, 2024).

l'exposition chronique, même à faibles doses, aux résidus de pesticides est associée à un risque accru de maladies chroniques telles que l'asthme, le diabète, les cancers et les maladies neurodégénératives (Cao *et al.*, 2024).

4. Méthodes d'analyse des résidus de pesticides

L'analyse des résidus de pesticides constitue un outil essentiel pour garantir la sécurité alimentaire et protéger l'environnement. Elle regroupe l'ensemble des techniques analytiques

permettant de détecter et de quantifier la présence de pesticides et de leurs métabolites dans divers échantillons, qu'ils soient environnementaux ou alimentaires, et ce, souvent à des concentrations très faibles (**Wahab et al., 2022**). Ces analyses permettent non seulement d'évaluer le respect des limites maximales de résidus (LMR), mais également d'identifier les risques potentiels pour la santé humaine et les écosystèmes.

4.1 Méthode multi-résidus

La méthode multi-résidus est une approche analytique sophistiquée qui permet la détection simultanée de plusieurs pesticides différents dans un même échantillon (**Wahab et al., 2022**). Cette technique repose sur l'utilisation combinée de procédés d'extraction optimisés, capables d'isoler une large gamme de composés chimiques aux propriétés physico-chimiques diverses, ainsi que sur des méthodes d'analyse très sensibles et spécifiques. Généralement, la chromatographie en phase gazeuse (GC) ou liquide (LC) couplée à la spectrométrie de masse (MS ou MS/MS) est employée pour séparer et identifier les résidus de pesticides présents à des concentrations extrêmement faibles, souvent de l'ordre des traces ou ultra-traces. L'intérêt

principal de cette méthode multidimensionnelle réside dans sa capacité à fournir rapidement des résultats qualitatifs et quantitatifs fiables, tout en rationalisant le processus analytique en un seul test unique. Elle est devenue incontournable dans les laboratoires d'analyses réglementaires et de recherche environnementale ainsi que pour le contrôle de la qualité des aliments, garantissant une surveillance précise et efficace des résidus pesticides dans les produits agricoles.

5. Procédé d'analyse des résidus de pesticides

Le procédé d'analyse des résidus de pesticides constitue une démarche analytique structurée et standardisée comprenant plusieurs étapes critiques : la préparation d'échantillons, l'extraction, la purification, la séparation chromatographique, la détection par spectrométrie de masse et la validation. Cette approche méthodologique s'appuie sur des protocoles rigoureux pour assurer la fiabilité, la reproductibilité et la traçabilité des résultats analytiques.

5.1 Prélèvement des échantillons

5.1.1 Échantillonnage

Les fruits et légumes sont collectés de manière représentative sur différents sites ou marchés, en veillant à couvrir diverses variétés et origines pour refléter la contamination réelle. Les échantillons sont souvent prélevés en plusieurs sous-échantillons, puis homogénéisés pour garantir la représentativité de l'analyse (Zheng *et al.*, 2022).

5.1.2 Transport des échantillons au laboratoire

Selon EC.(2009) la collecte et le transport des échantillons doivent garantir leur intégrité jusqu'au laboratoire. Après prélèvement, ils sont placés dans des contenants propres et résistants : des sacs en polyéthylène ventilés conviennent à la plupart des produits, tandis que pour les échantillons destinés à la recherche de fumigants, on utilise des emballages à faible perméabilité (film nylon). Les denrées préemballées doivent rester dans leur conditionnement d'origine. Pour les produits fragiles ou périssables (ex. framboises mûres), il est préférable de les congeler immédiatement et de les acheminer sur glace sèche afin d'éviter la décongélation. Les échantillons déjà congelés doivent rester congelés pendant tout le transport, et ceux sensibles au froid (ex. bananes) doivent être protégés contre les températures extrêmes.

Le transfert vers le laboratoire doit être rapide (de préférence en moins de 24 h) et les échantillons doivent arriver dans un état comparable à celui attendu par un acheteur exigeant, sinon ils sont déclarés non conformes. Chaque échantillon doit être identifié de façon claire et indélébile, en évitant les marqueurs à base de solvants organiques pour les sacs destinés à l'analyse des fumigants (EC., 2009).

5.2 Préparation et homogénéisation des échantillons

La préparation des échantillons constitue une étape essentielle du processus analytique, en particulier pour les matrices solides qui nécessitent une homogénéisation rigoureuse afin d'assurer la représentativité de l'échantillon. Il est parfois nécessaire de congeler l'échantillon avant le broyage, notamment lorsque l'élévation de la température induite par le broyage risque d'altérer ou de dégrader les composés cibles. Le choix de la méthode de préparation la plus

adaptée dépend étroitement de la nature de la matrice et de la sensibilité des analytes, et relève ainsi du jugement de l'analyste. Dans ce contexte, le séchage par congélation (lyophilisation) se révèle particulièrement approprié pour les produits contenant des composés thermosensibles ou sujets à l'oxydation. Cette méthode, qui opère à basse température et sous vide élevé, permet de préserver l'intégrité chimique et structurale des échantillons. Elle constitue donc une étape cruciale pour éviter toute dégradation des analytes lors du broyage (**Oyinloye et Yoon, 2020**). Les échantillons sont généralement préparés en quantités standardisées 10 g pour les fruits et légumes pour chaque extraction (**Sahyoun et al., 2022**).

5.3 Méthodes d'extraction

L'extraction est une étape clé de la préparation des échantillons destinés à l'analyse des résidus de pesticides dans les matrices alimentaires, environnementales ou biologiques. Elle permet d'isoler et de concentrer les pesticides présents à l'état de traces, tout en éliminant les interférents (**Tableau 4**) .

5.3.1 Extraction liquide-liquide (LLE)

L'extraction liquide-liquide (LLE) est une technique de séparation essentielle permettant de transférer un composé d'un liquide à un autre, généralement entre une phase aqueuse et une phase organique non miscible. Elle est largement utilisée dans l'industrie chimique, l'analyse environnementale, la purification des métaux, ainsi que dans les domaines alimentaire et biomédical. Elle joue un rôle clé dans la séparation de substances dangereuses de l'environnement, l'extraction de métaux précieux à partir de minerais, le traitement des déchets nucléaires, la chimie médicinale et la purification de composés dans diverses industries (**Pramanik et al., 2024**).

5.3.2 Extraction en phase solide (SPE)

L'extraction en phase solide (SPE) est une technique de préparation d'échantillons clé utilisée pour isoler, concentrer et purifier des analytes à partir de matrices complexes, notamment dans les domaines de la chimie analytique, de l'environnement, de la pharmacie et de la biologie. Elle permet d'améliorer la sensibilité et la sélectivité des analyses tout en réduisant la consommation de solvants et le temps de préparation (**Ötles et Kartal., 2016**).

La SPE repose sur l'adsorption sélective des analytes sur une phase solide (sorbant) contenue dans une cartouche ou un disque. L'échantillon liquide est chargé sur le sorbant, les impuretés sont éliminées par lavage, puis les analytes d'intérêt sont élués avec un solvant approprié. Les sorbants utilisés varient : silices, polymères, charbons, échangeurs d'ions, matériaux à empreinte moléculaire, etc (Ötles et Kartal., 2016).

5.3.3 Extraction dispersive sur phase solide (d-SPE)

L'extraction dispersive sur phase solide (D-SPE) est une technique moderne de préparation d'échantillons qui consiste à disperser directement un sorbant solide dans la solution à analyser. Cette méthode est appréciée pour sa simplicité, sa rapidité et sa faible consommation de solvants, tout en permettant de purifier et de préconcentrer efficacement les analytes (Ścigalski et Kosobucki., 2020).

Dans la d-SPE, une petite quantité de sorbant (silices, polymères, nanomatériaux, MOFs, etc.) est ajoutée à l'échantillon liquide. Le mélange est ensuite agité afin de maximiser le contact entre le sorbant et les analytes. Après extraction, le sorbant est séparé (souvent par centrifugation ou aimantation), puis les analytes sont récupérés pour analyse (Ścigalski et Kosobucki., 2020).

5.3.4 Méthode QuEChERS

Selon **González et al. (2022)**, la méthode QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) est une technique de préparation d'échantillons largement utilisée pour l'extraction et la purification de résidus de pesticides et autres contaminants dans des matrices alimentaires, environnementales et biologiques. Elle est appréciée pour sa simplicité, sa rapidité, son faible coût et son efficacité, tout en étant respectueuse de l'environnement.

La méthode QuEChERS se déroule en deux étapes principales :

- ❖ **Extraction liquide-liquide** : L'échantillon est extrait à l'aide d'acétonitrile (ACN), souvent en présence de sels pour favoriser la séparation des phases et l'extraction des analytes .
- ❖ **Nettoyage par extraction dispersive sur phase solide (d-SPE)** : Après extraction, un mélange de sorbants (par exemple, MgSO₄, PSA, C18, GCB, etc.) est

ajouté pour éliminer les interférents de la matrice, tels que les acides organiques, les acides gras et les sucres, rendant l'extrait prêt pour l'analyse chromatographique.

5.3.5 Extraction liquide-solide (LSE)

L'extraction liquide-solide (LSE), aussi appelée extraction solide-liquide ou lixiviation, est une technique essentielle permettant de séparer et de récupérer des composés d'intérêt à partir d'une matrice solide à l'aide d'un solvant liquide. Cette méthode est largement utilisée dans les industries alimentaire, pharmaceutique, chimique et environnementale pour l'extraction de sucres, huiles, protéines, composés bioactifs ou encore de contaminants (Naviglio *et al.*, 2019).

Il existe différentes techniques d'extraction, allant des méthodes traditionnelles telles que la macération, la percolation et l'extraction par Soxhlet, jusqu'aux méthodes innovantes comme l'extraction assistée par ultrasons, l'extraction par fluide supercritique ou l'extraction dynamique rapide solide-liquide (RSLDE) (Naviglio *et al.*, 2019). Le choix de la méthode dépend principalement de la nature de la matrice, des composés à extraire, du solvant utilisé, du temps d'extraction ainsi que de la stabilité des composés cibles.

La LSE est également l'une des méthodes classiques utilisées pour l'extraction des résidus de pesticides à partir des sols (González *et al.*, 2022).

Elle consiste à mettre en contact un solide (plante, graine, sol, etc.) avec un solvant approprié. Les composés solubles migrent alors du solide vers le liquide par diffusion et convection, formant une solution contenant les analytes recherchés. L'efficacité du procédé dépend de plusieurs facteurs : la taille des particules, la nature du solvant, la température, l'agitation et la durée de l'extraction (Naviglio *et al.*, 2019).

5.3.6 Micro-extraction sur phase solide (SPME) et micro-extraction liquide (LPME)

La micro-extraction sur phase solide (SPME) et la micro-extraction en phase liquide (LPME) sont deux techniques modernes et miniaturisées de préparation d'échantillons, largement utilisées pour l'analyse de traces dans des matrices complexes. Elles se distinguent par leur simplicité, leur faible consommation de solvants et leur capacité à préconcentrer efficacement les analytes.

5.3.6.1 Micro-extraction sur phase solide (SPME)

La microextraction en phase solide (SPME) est une méthode plus élégante et sans solvant pour nettoyer les extraits d'échantillons solides, mais il faut d'abord éliminer le solvant organique. De plus, les fibres SPME sont nettement plus onéreuses que quelques millilitres de solvant organique (**Prosen, 2014**). Les fibres SPME sont plus coûteuses que l'utilisation de petits volumes de solvant organique (**Prosen, 2014**).

5.3.6.2 Micro-extraction liquide (LPME)

D'après **Prosen. (2014)**, la micro-extraction en phase liquide (LPME) est une technique innovante de préparation d'échantillons qui utilise un ou plusieurs solvants liquides, généralement organiques, en très petits volumes (typiquement 1–100 μL), pour extraire les analytes d'intérêt d'un échantillon.

LPME regroupe plusieurs variantes, dont les plus populaires sont :

- La micro-extraction sur goutte unique (SDME)
- La micro-extraction en fibre creuse (HF-LPME)
- La micro-extraction liquide-liquide dispersive (DLLME)

L'objectif principal de la LPME est de réduire la consommation de solvants organiques tout en simplifiant et miniaturisant le processus d'extraction.

5.3.7 Extraction par fluide supercritique (SFE)

L'extraction par fluide supercritique (SFE) est une technique d'extraction qui utilise des solvants à l'état supercritique, le plus souvent le dioxyde de carbone (CO_2), pour extraire des polluants de différentes polarités à partir d'échantillons solides comme les sols et les sédiments. L'extraction par fluide supercritique permet d'obtenir des rendements d'extraction satisfaisants tout en réduisant la consommation de solvants organiques et le temps d'analyse par rapport aux méthodes classiques (**Prosen, 2014**).

Tableau 4. Comparaison des principaux méthodes d'extraction et de préparation des échantillons

Méthode	Matrices cibles	Avantages principaux	Limites principales
LLE	Eaux, liquides	Simplicité, coût faible	Peu sélective, émulsions
SPE	Eaux, extraits	Purification, concentration	Optimisation sorbant requise
d-SPE/QuEChERS	Fruits, légumes	Rapidité, polyvalence	Adaptation pour matrices spéciales
LSE	Sols, tissus	Large application	Purification supplémentaire
SPME/LPME	Eaux, jus	Miniaturisation, sensibilité	Matériel spécifique
SFE	Solides, huiles	Écologique, sélective	Coût, optimisation

5.4. Purification

La purification constitue une étape cruciale dans l'analyse des résidus de pesticides dans les fruits et légumes, visant à garantir des résultats fiables et précis.

Elle permet de séparer les pesticides ciblés des autres composants de la matrice (tels que les sucres, pigments, acides, lipides, etc.) susceptibles d'interférer avec la détection ou la quantification lors des analyses. Plusieurs techniques sont couramment utilisées, notamment l'extraction en phase solide (SPE), la méthode QuEChERS, ou l'emploi de cartouches spécifiques destinées à éliminer certains composés indésirables. Le principe de ces méthodes repose sur l'élimination sélective des interférences, tout en conservant les analytes d'intérêt. L'extrait purifié ainsi obtenu est alors prêt pour une analyse instrumentale sensible, notamment par chromatographie en phase gazeuse ou liquide couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS/MS, LC-MS/MS) (Sahyoun *et al.*, 2022; Wahab *et al.*, 2022).

5.4.1 Objectifs de la purification :

- Éliminer les interférences (matières organiques, pigments, lipides, sucres, etc.) pouvant altérer les résultats analytiques.
- Concentrer les analytes (pesticides) pour améliorer la sensibilité et la fiabilité de la détection.

- Préparer l'échantillon pour une analyse instrumentale optimale.

5.4.2 Principales méthodes de purification :

- ❖ **Extraction en phase solide (SPE)** : Utilisation de cartouches contenant des adsorbants spécifiques (C18, Florisil, PSA, charbon actif) permettant de retenir les impuretés tout en laissant passer les pesticides.
- ❖ **Méthode QuEChERS** : Procédé rapide et efficace combinant extraction à l'acétonitrile, séparation des phases par ajout de sels (salting-out) et purification à l'aide d'adsorbants.
- ❖ **Filtration** : Élimination des particules solides en suspension avant l'analyse.
- ❖ **Concentration** : Évaporation du solvant afin d'augmenter la concentration des pesticides dans l'extrait (Sahyoun *et al.*, 2022; Wahab *et al.*, 2022).

5.5 Détermination des résidus de pesticides par chromatographie

La chromatographie est la méthode de référence pour la détermination des résidus de pesticides dans les fruits et légumes. Les techniques les plus utilisées sont la chromatographie en phase gazeuse (GC) et la chromatographie en phase liquide (LC), souvent couplées à la spectrométrie de masse (MS) pour une identification et une quantification précises.

5.5.1 Détermination par chromatographie en phase gazeuse

La détermination par chromatographie en phase gazeuse (GC) est une technique analytique utilisée pour séparer, identifier et quantifier les composés volatils présents dans un échantillon (Wahab *et al.*, 2022).

5.5.1.1 Chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC MS

La méthode GC-MS/MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem) est une technique avancée pour l'analyse des composés volatils, comme les résidus de pesticides.

5.5.1.1.1 Étapes principales de la méthode :

A. Séparation par chromatographie en phase gazeuse (GC) L'échantillon est injecté dans une colonne capillaire où les différents composés sont séparés selon leur volatilité et leur interaction avec la colonne.

B. Détection par spectrométrie de masse en tandem (MS/MS) Après séparation, chaque composé entre dans le spectromètre de masse où il est d'abord ionisé (cassé en fragments).

- **Premier analyseur de masse (MS1)** : sélectionne un ion spécifique (précurseur).
- **Cellule de collision** : l'ion précurseur est fragmenté davantage.
- **Deuxième analyseur de masse (MS2)** : détecte les fragments produits, ce qui permet une identification et une quantification très spécifiques et sensibles (**Li et al., 2021**).

5.5.1.1.2 Avantages de la méthode GC-MS/MS

- **Haute sensibilité et sélectivité** : permet de détecter des traces de pesticides même dans des matrices complexes.
- **Analyse simultanée de nombreux composés** : adaptée à la détection multi-résidus.
- **Réduction des interférences** : la double sélection de masse (MS/MS) limite les faux positifs (**Li et al., 2021**).

5.5.1.2 Détermination par chromatographie en phase liquide

la chromatographie en phase liquide permet une séparation efficace des pesticides, notamment ceux qui sont polaires ou non volatils, et peut être couplée à différents détecteurs (UV, DAD, MS) pour une identification et une quantification précises des résidus dans les aliments (**Wahab et al., 2022**).

5.5.1.2.1 Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse LC MS/MS

La chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS) est l'une des techniques les plus avancées et sensibles pour l'analyse des résidus de pesticides dans les aliments. Elle permet la détection simultanée de nombreux pesticides, même à des concentrations très faibles, avec une grande spécificité et sélectivité (**Wahab et al., 2022**).

CHAPITRE III :
**Savoir-faire traditionnels et
innovations paysannes**

Chapitre III : Savoir-faire traditionnels et innovations paysannes

Ce chapitre examine les fondements du savoir et du savoir-faire paysans, considérés comme les piliers de la résilience et de la durabilité des systèmes agricoles. Il analyse comment l'expérience empirique et les connaissances locales, transmises de génération en génération, s'articulent avec les enjeux contemporains de la production agricole pour maintenir l'équilibre des agroécosystèmes.

1. Cadre général du savoir paysan

1.1. Diversité des savoirs et pratiques agricoles

Le savoir-faire des agriculteurs englobe des connaissances traditionnelles, des pratiques techniques et des stratégies d'adaptation façonnées par l'expérience, l'environnement et les dynamiques sociales. Les recherches récentes mettent en lumière la richesse de ces savoirs, leur rôle dans la gestion durable des ressources, et les défis liés à leur transmission et à leur évolution face aux changements climatiques et socio-économiques.

Les agriculteurs mobilisent des savoirs variés, allant de l'utilisation de plantes locales pour la protection des cultures contre les bio-agresseurs (**Sourabie et al., 2020**).

1.2. Caractéristiques du savoir-faire paysan

- ❖ **Pratiques issues de l'expérience et de l'apprentissage direct** : Les paysans développent des techniques spécifiques en fonction de leur environnement, comme la gestion de la fertilité des sols par la rotation des cultures, l'agroforesterie, ou l'utilisation de fumures organiques et minérales (**Yabi et al., 2016; Bacyé et al., 2020; Ouedraogo et al., 2023**).
- ❖ **Transmission orale et imitation** : Les savoirs sont transmis de génération en génération, souvent par l'observation des anciens et l'apprentissage collectif (**Adingra et al., 2020**).
- ❖ **Gestion des semences locales** : La sélection, la conservation et l'échange de semences adaptées au terroir sont au coeur du savoir-faire paysan, renforçant l'autonomie et la résilience des exploitations (**Tapsoba et al., 2020**).

- ❖ **Association de cultures et optimisation des ressources** : Les paysans associent différentes cultures pour améliorer les rendements, préserver la biodiversité et limiter les risques liés aux aléas climatiques (Yabi *et al.*, 2016; Ouedraogo *et al.*, 2023).
- ❖ **Techniques d'entretien et d'adaptation** : L'entretien du sol, l'irrigation traditionnelle, la lutte contre les bio-agresseurs par des plantes locales, et l'expérimentation continue sont des exemples de stratégies paysannes (Gaillard, 2022).

2. Savoirs et savoir-faire : définitions, transmission et durabilité

2.1 Définitions conceptuelles

- ✓ **Savoir** : Ensemble de connaissances acquises, souvent transmises oralement ou par l'éducation formelle et informelle, concernant la nature, les techniques agricoles, les ressources locales, etc. Il inclut aussi les valeurs, croyances et représentations collectives (Broccolini, 2021).
- ✓ **Savoir-faire** : Capacité à appliquer concrètement ces connaissances dans des situations pratiques, par exemple dans la culture, la transformation des produits, ou la gestion des ressources. Il s'agit d'une forme de connaissance tacite, souvent intuitive, transmise par l'expérience et l'apprentissage social (Curry et Kirwan, 2014 ; Broccolini, 2021).

2.2. Transmission et rôle dans la durabilité des systèmes agricoles

La transmission des savoirs (connaissances) et savoir-faire (pratiques) est un facteur clé pour la durabilité des systèmes agricoles. Elle permet l'adaptation, l'innovation et la résilience face aux défis environnementaux, économiques et sociaux.

2.2.1. Mécanismes de transmission

- ❖ **Transmission intergénérationnelle** : Les échanges entre générations, souvent au sein de la famille ou de la communauté, assurent la continuité des pratiques adaptées au contexte local (Benkhallouq *et al.*, 2020).
- ❖ **Réseaux formels et informels** : Les organisations de producteurs, coopératives et réseaux sociaux (y compris numériques) facilitent la diffusion des innovations et des connaissances techniques (Abdeljaoued-Tej, 2020) (Figure 6).

- ❖ **Éducation et conseil agricole** : L'accès à l'éducation et au conseil technique renforce la capacité des agriculteurs à intégrer de nouveaux savoirs, condition essentielle pour l'application des résultats de la recherche **(Bationo, 2022)**.

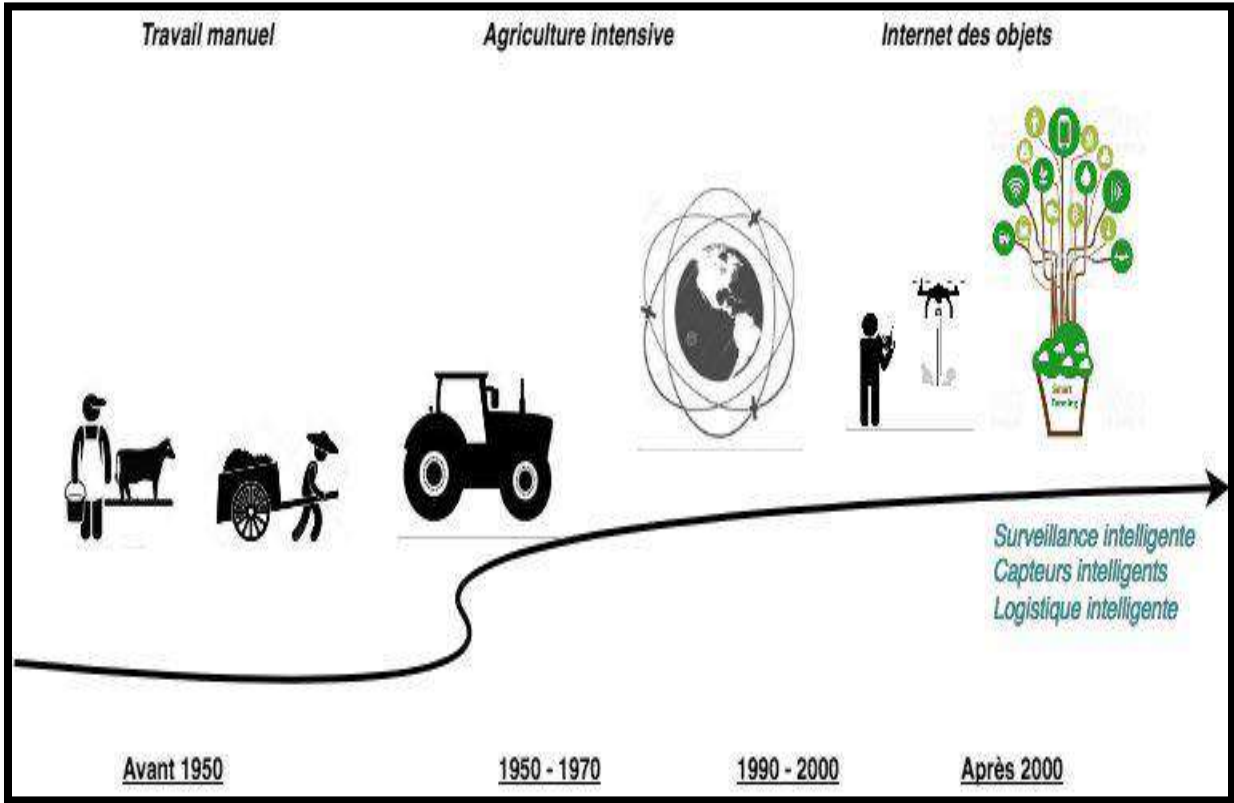


Figure 6 : Évolution des diverses techniques dans le domaine agricole (Abdeljaoued-Tej., 2020)

3. Interaction entre savoirs traditionnels et innovations modernes

3.1. Complémentarité et bénéfices

Les pratiques traditionnelles, telles que l'utilisation de plantes locales pour la gestion des bio-agresseurs ou l'agroforesterie, offrent des solutions éprouvées, adaptées aux contextes locaux et respectueuses de l'environnement. Leur combinaison avec des innovations modernes (biotechnologies, agriculture de précision, digitalisation) permet d'optimiser la productivité tout en préservant la biodiversité et les ressources naturelles **(Sourabie et al., 2020)**.

3.2. Innovation participative et résilience

L'intégration réussie repose sur des approches participatives, impliquant les agriculteurs, les chercheurs et les institutions dans la co-construction des solutions. Cela favorise l'acceptation sociale, l'adaptation locale et l'empowerment des communautés (**Lacerda et al., 2020**). L'association des deux types de savoirs améliore la capacité d'adaptation face aux changements climatiques, aux pressions économiques et aux défis sanitaires, tout en renforçant l'identité et la cohésion communautaire (**Lacerda et al., 2020**).

4. Le savoir-faire paysan dans le contexte saharien

Dans le contexte saharien, le savoir-faire paysan se caractérise par une capacité d'adaptation remarquable face à l'aridité, la variabilité climatique et la rareté des ressources. Ce savoir-faire, issu de pratiques traditionnelles et d'innovations locales, est essentiel pour la durabilité des systèmes agricoles et la sécurité alimentaire.

4.1. Gestion de la fertilité et des cultures

Les paysans sahariens utilisent des techniques adaptées comme la rotation des cultures, l'utilisation de buttes, l'apport de fumures organiques et minérales en faibles doses, et la sélection de variétés résistantes à la sécheresse (**Ouedraogo et al., 2023**). Ces pratiques sont souvent ajustées selon les conditions locales et les ressources disponibles.

4.2. Gestion efficace de l'eau

L'adoption de systèmes d'irrigation économes (goutte-à-goutte, irrigation régulée), la collecte et le stockage de l'eau, le forage et l'entretien des puits, ainsi que la diversification des sources d'irrigation sont essentiels pour optimiser l'utilisation de l'eau disponible.

Les oasis représentent de véritables symboles de vie au coeur des zones arides. Leur existence est indissociable de la maîtrise de l'eau, ressource rare et précieuse dans ces milieux. Grâce à un savoir-faire transmis depuis des siècles, les populations oasiennes ont développé des systèmes hydrauliques et hydroagricoles ingénieux, parfaitement adaptés aux conditions hydrogéologiques et topographiques locales. Ces techniques visent à assurer un approvisionnement continu en eau, répondant aux besoins domestiques et agricoles tout en préservant l'équilibre environnemental.

Deux procédés traditionnels d'irrigation illustrent ce génie hydraulique : la foggara et le ghout (Figure 7, 8). Le premier, originaire des oasis du Grand Erg Oriental, repose sur la culture en creux afin de capter l'humidité du sol et de limiter l'évaporation. Le second, typique des oasis du Grand Erg Occidental, est un système de galeries souterraines permettant la collecte et la distribution gravitaire de l'eau. Ces deux méthodes, malgré la concurrence des techniques modernes de pompage et d'irrigation, continuent à fonctionner efficacement et témoignent d'une remarquable durabilité du savoir-faire oasien (Ghaoui et Hadjali, 2017; Remini, 2019).



Figure 7. Foggara (Ghaoui et Hadjali., 2017)

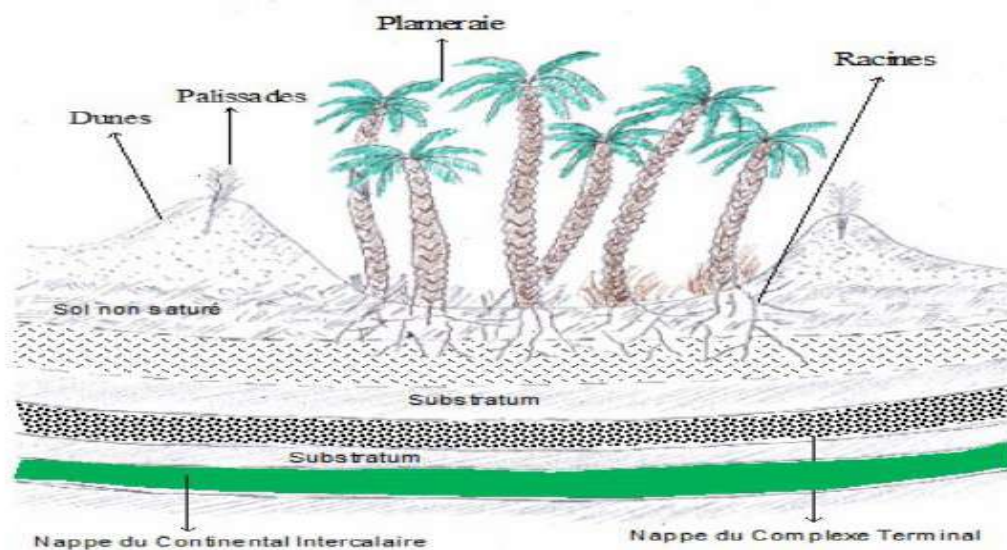


Figure 8. Coupe longitudinale simplifiée d'un Ghout de Souf (Schéma Remini., 2019)

4.3. Techniques agronomiques et conservation des sols

Le paillage, l'utilisation de biochar, la conservation des sols, l'intégration de cultures de couverture et l'association avec des champignons mycorhiziens améliorent la rétention d'eau et la fertilité des sols (Imran, 2024).

5. Valorisation et enjeux du savoir paysan

5.1. Contribution à la durabilité et à la sécurité alimentaire

Le savoir paysan, fondé sur l'expérience, l'observation et la transmission intergénérationnelle, joue un rôle central dans la gestion durable des ressources naturelles et la sécurité alimentaire. La diversité variétale gérée par les paysans, comme pour la patate douce au Bénin, permet d'adapter la production aux contraintes locales et climatiques, contribuant ainsi à la résilience alimentaire face aux changements climatiques et à la rareté des intrants (Doussoh *et al.*, 2016). Les pratiques agroforestières traditionnelles, basées sur des connaissances locales, favorisent la conservation de la biodiversité et la durabilité des systèmes agricoles.

5.2. Risques liés à la perte des savoirs traditionnels

La disparition progressive des savoirs endogènes, due à la modernisation, à l'introduction de variétés exogènes ou à la marginalisation des pratiques traditionnelles, constitue une menace pour la conservation des ressources naturelles et le bien-être des communautés rurales. Cette perte fragilise la gestion des écosystèmes, la diversité agricole et la transmission de valeurs culturelles essentielles (Diatta *et al.*, 2023). L'érosion des savoirs locaux peut aussi accroître la dépendance aux intrants chimiques et réduire la capacité d'innovation locale (Gaillard, 2022 ; Diatta *et al.*, 2023).

5.3. Intégration dans les politiques et programmes agricoles

L'intégration du savoir paysan dans les politiques agricoles reste limitée. Les politiques tendent à privilégier les approches technocratiques et la diffusion de solutions standardisées, au détriment du dialogue de savoirs et de la valorisation des connaissances locales (Gaillard, 2022). Les initiatives de formation, de structuration des coopératives et de soutien à l'éducation de base sont identifiées comme des leviers pour renforcer la capacité des paysans à participer activement à l'élaboration et à la mise en oeuvre des programmes agricoles (Zonou *et al.*, 2024).

Partie II :

Démarche investigatrice

CHAPITRE I :

Méthodologie de l'enquête et cadre d'étude

INTRODUCTION

La rigueur méthodologique constitue un prérequis fondamental pour toute investigation scientifique en sciences agronomiques, en particulier dans le contexte de l'évaluation des pratiques phytosanitaires et de la contamination des denrées agricoles par les résidus de pesticides en milieu saharien, où les contraintes pédoclimatiques accentuent les risques sanitaires et environnementaux.

Le présent chapitre décrit de manière détaillée la démarche méthodologique mise en œuvre, fondée sur une approche mixte combinant des enquêtes de terrain auprès des agriculteurs et des vendeurs de produits phytosanitaires de la wilaya d'El Oued ($n = 136$ exploitants agricoles et $n = 36$ vendeurs), l'exploitation des données institutionnelles issues de la direction des services agricoles (DSA), ainsi que l'analyse quantitative des résidus de pesticides dans 51 échantillons de tomate et de pomme de terre. La détermination des résidus a été réalisée selon la méthode QuEChERS, suivie d'une analyse par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS), après validation des performances analytiques conformément aux critères en vigueur. Ce chapitre détaille la méthodologie mixte adoptée, dont le schéma global est présenté en **Figure 9**.

1. Justification de l'approche méthodologique

L'articulation d'enquêtes de terrain structurées (questionnaires et observations directes), d'analyses de données institutionnelles et de dosages analytiques des résidus de pesticides repose sur un principe de triangulation méthodologique visant à renforcer la robustesse et la fiabilité des résultats. Cette approche intégrative permet de croiser les dimensions socio-économiques, agronomiques et analytiques afin d'appréhender de manière systémique le fonctionnement des chaînes phytosanitaires locales. La démarche adoptée, reproductible et transposable à d'autres contextes agro-écologiques sahariens, répond aux objectifs scientifiques de l'étude, à savoir la caractérisation spatiale et fonctionnelle des pratiques phytosanitaires, l'identification des déterminants et facteurs de risque associés à la présence de résidus, ainsi que l'élaboration de recommandations opérationnelles en faveur d'une gestion raisonnée des intrants et d'une agriculture saharienne durable.

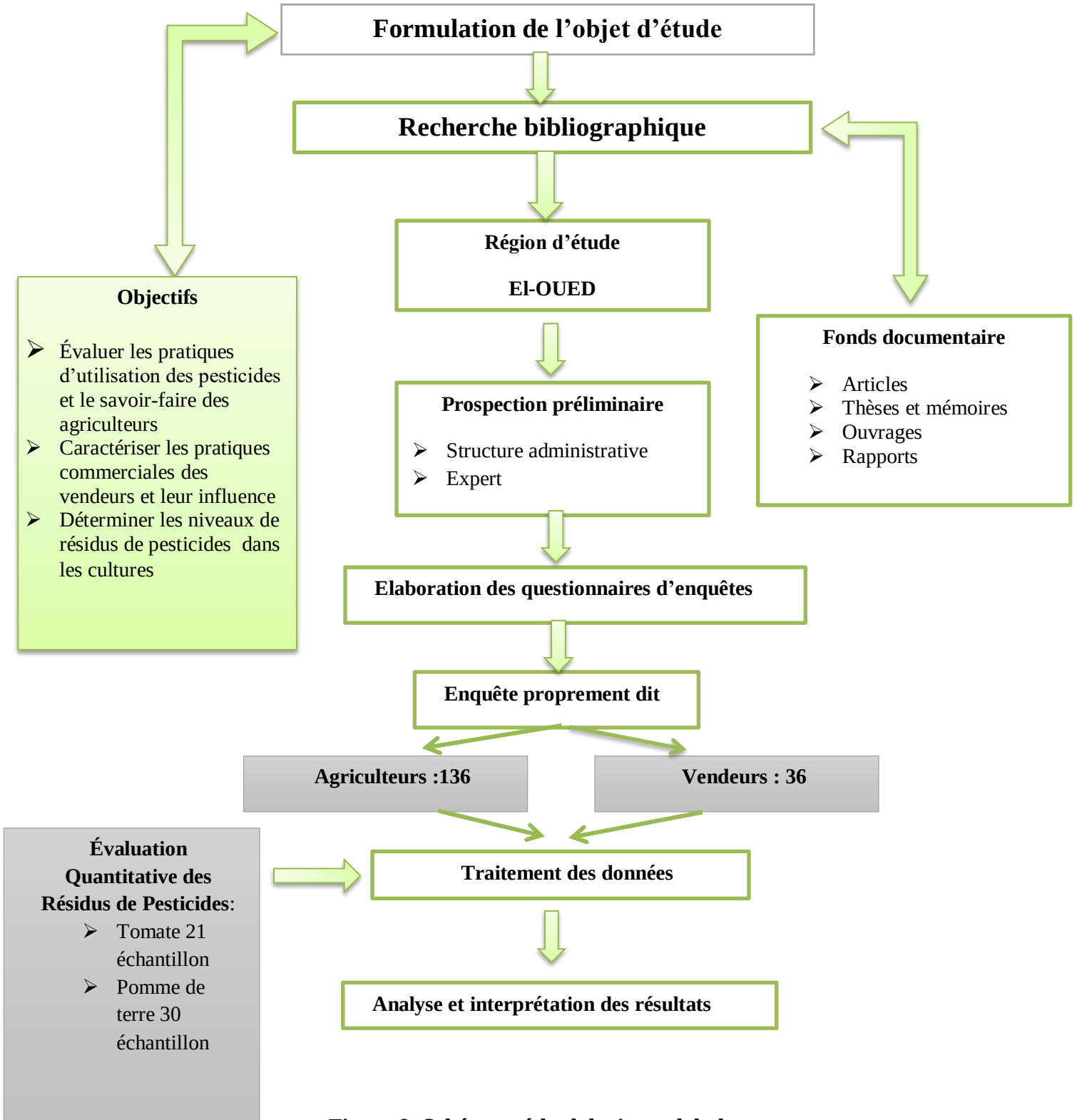


Figure 9. Schéma méthodologique global

2. Zone d'étude et sélection des sites

2.1 Choix de la zone d'étude

La sélection de la région d'El Oued s'est établie sur son développement agricole croissant en milieu saharien, sur l'usage fréquent des produits phytosanitaires dans les pratiques culturales intensives et sur la prépondérance des cultures maraîchères comme la tomate et la pomme de terre.

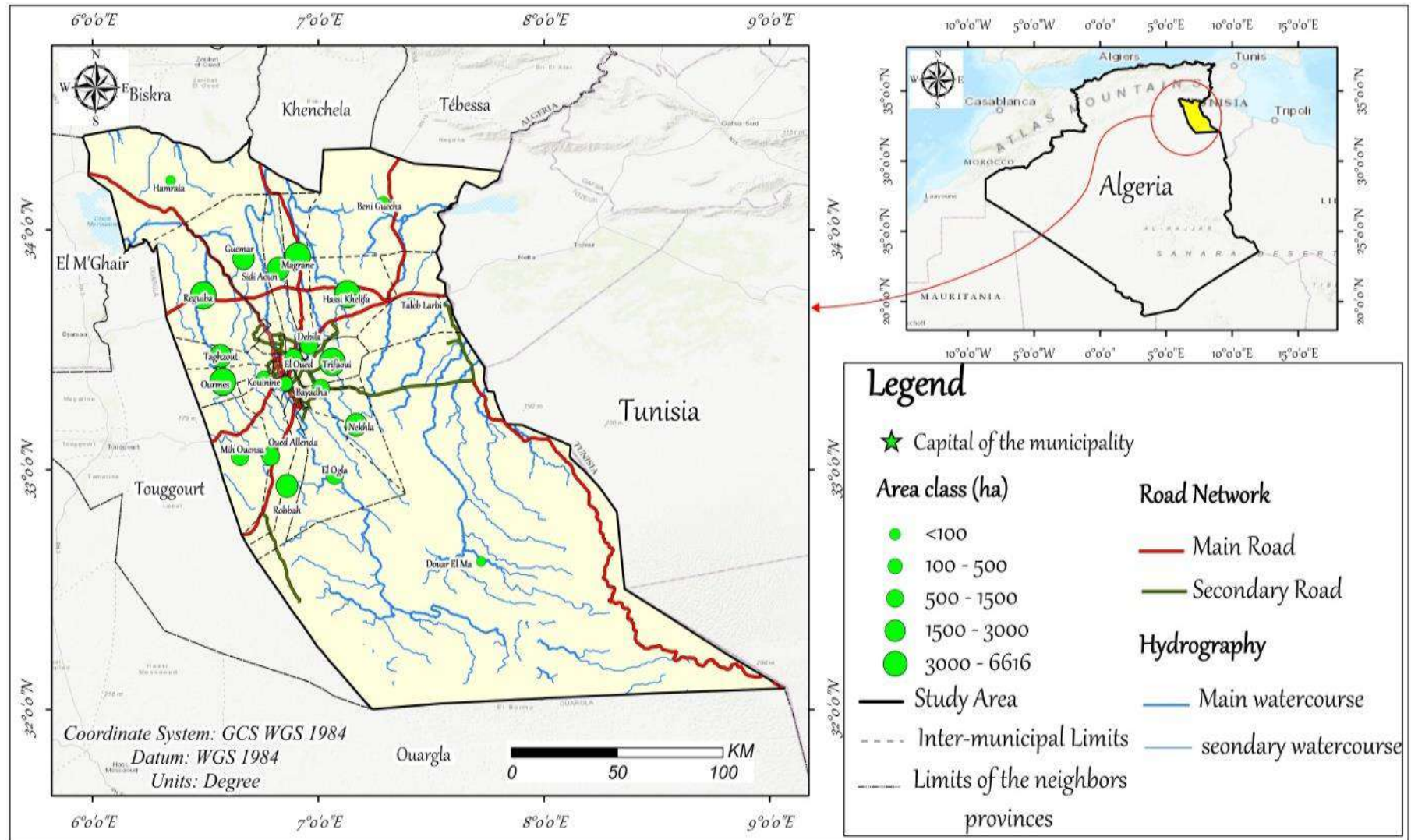
2.2 Présentation de la région d'étude

Le Sahara algérien constitue l'un des plus vastes déserts au monde, couvrant environ 84 % de la superficie totale de l'Algérie (**Benarba et al., 2015**). Il recèle un important potentiel en eaux souterraines (**Sahali et Sahoune, 2019**).

La wilaya d'El Oued est située dans le sud-est de l'Algérie (**Carte 1**), au cœur du grand erg oriental, dans un vaste bassin synclinal connu sous le nom de "Sahara inférieur" en raison de sa faible altitude. Érigée en commune en 1957 puis en wilaya en 1984, El Oued compte depuis 2021 une division administrative de 10 daïras et 22 communes. L'oasis du Souf, qui se trouve dans la partie centrale de la wilaya, s'étend sur une superficie de 11 738,4 km² et comprend 18 communes (**Khechana et Derradji, 2012**).

La wilaya est bordée à l'est par la Tunisie, au nord-est par la wilaya de Tébessa, au nord par celles de Biskra et Khenchela, à l'ouest par El-M'Ghair et Touggourt, et au sud-ouest par Ouargla. Le climat de la région d'étude est hyper aride, caractérisé par des étés très chauds et secs, et des hivers doux. Les précipitations sont rares, irrégulières et faibles, avec une moyenne annuelle ne dépassant généralement pas 70 mm, pouvant exceptionnellement atteindre 100 mm certaines années. L'évaporation est particulièrement élevée, dépassant les 2 200 mm par an.

Les températures peuvent descendre en dessous de 0 °C en hiver et atteindre jusqu'à 45 °C en été, avec une moyenne annuelle avoisinant 26 °C. L'humidité relative dépend principalement de la température, des précipitations et du vent. Elle atteint en moyenne 30 % pendant l'été (juillet et août) et peut s'élever jusqu'à 65 % en hiver (décembre et janvier). Les vents sont généralement modérés, mais peuvent devenir violents au printemps et en automne. L'ensemble de ces éléments climatiques témoigne de l'aridité extrême et de la rudesse des conditions environnementales de la région (**Khezzani et al., 2016**).



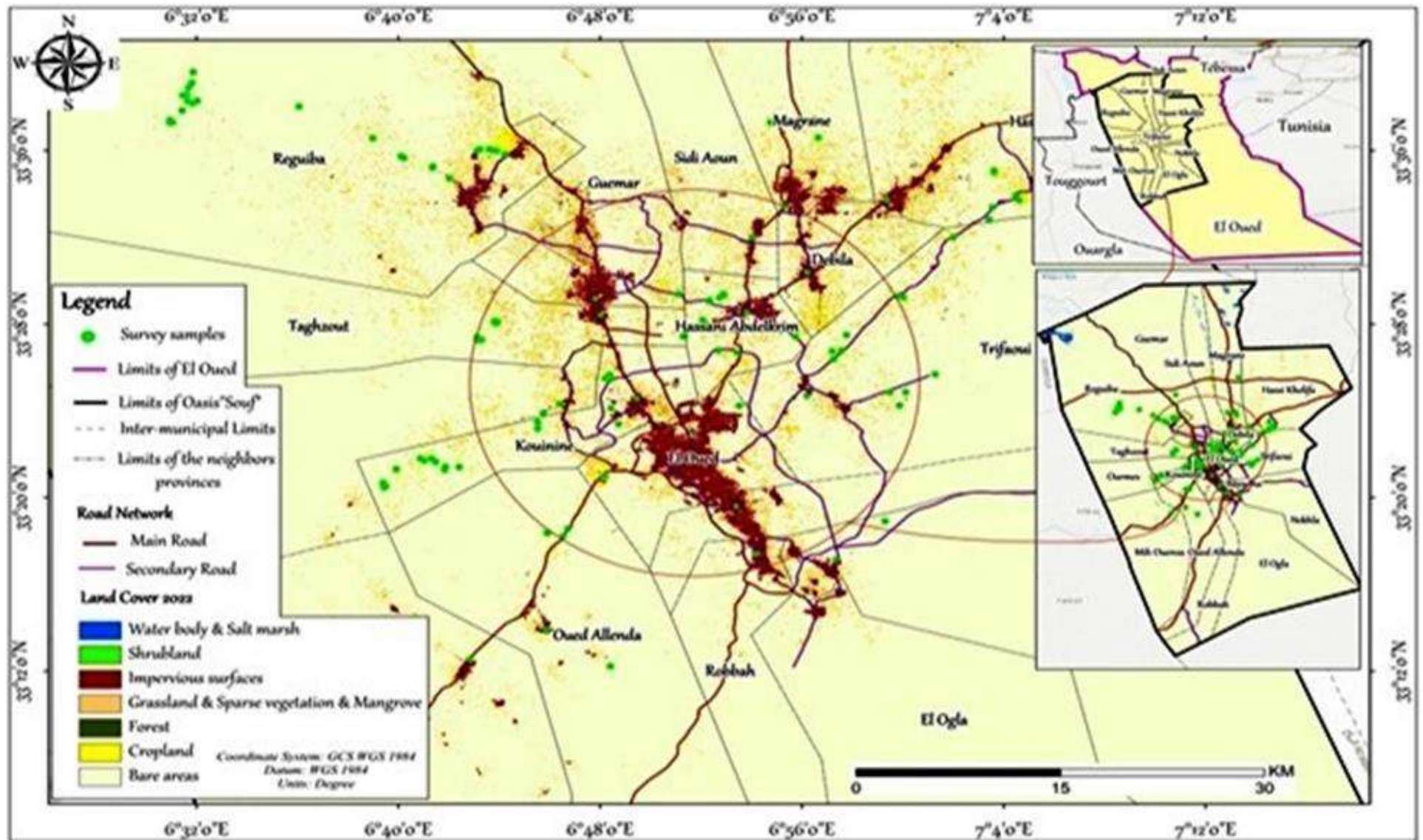
Carte 1. Localisation géographique de la région d'El-Oued réalisée par SAIGHI à l'aide de logiciel SIG, QGIS

2.3 Localisation des enquêtes et répartition des agriculteurs par commune

L'étude a été conduite dans 14 communes représentatives de la wilaya d'El Oued, sélectionnées sur la base de leur importance dans l'activité agricole, du niveau de collaboration des exploitants, ainsi que de l'accessibilité aux exploitations agricoles. Au total, 136 exploitants agricoles ont été enquêtés. **Le tableau 5** présente la répartition détaillée des exploitants interrogés par commune, tandis que **la carte 2** illustre la localisation géographique des sites d'étude au sein de la wilaya, offrant une visualisation précise de la distribution spatiale de l'échantillon étudié.

Tableau 5. Nombre d'agriculteurs interrogés

Commune enquêtée	Nbr d'agriculteurs interrogé	Direction
Guemar	4	Nord 31
Kouinine	10	
Taghzout	8	
Reguiba	9	
Robbah	18	Sud 32
Bayadha	4	
Nakhla	6	
El Ogl	4	
Hassani Abdelkrim	13	Est 42
Hassi Khalifa	9	
Trifaoui	17	
Magrane	3	
Oued El Alenda	4	Ouest 31
Ourmes	27	
Total	136	



Carte 2. Répartition géographique des enquêtes réalisées par SAIGHI à l'aide de logiciel SIG, QGIS

2.4 Localisation des enquêtes et répartition des vendeurs par commune

L'échantillon étudié représente 34 % de la population totale des vendeurs de pesticides, répartis dans différentes communes de la wilaya d'El Oued, sélectionnées en raison de leur importance stratégique dans la production agricole régionale. La répartition géographique de ces points de vente est détaillée dans **le tableau 6**.

Tableau 6 : Répartition des vendeurs de pesticides enquêtés

Communes	ha(2021)	Nbr exploitation (2021)	Grenetier (2025)	Nbr de grenteier enquêté
1- EL-OUED	370	410	14	6
2- ROBBAH	1746	603	6	3
3- OUED-ALANDA	1168	700	3	0
4- BAYADA	1198	292	6	2
5- NAKHLA	2082	728	5	0
6- GUEMAR	2740	1491	9	4
7- KOUININE	370	243	1	1
8- REGUIBA	6606	3500	7	3
9- HAMRAIA	36	538	0	0
10- TAGHZOUT	2775	866	4	1
11- DEBILA	1010	1117	6	2
12- H, ABDELKRIM	541	1318	3	0
13- HASSI KHALIFA	6414	5291	14	4
14- TALEB LARBI	89	837	0	0
15- DOUAR EL-MAA	22	420	0	0
16- SIDI AOUN	2108	1346	1	0
17- TRIFAoui	5227	1921	7	2
18- MAGRENE	5221	2207	14	5
19- BEN GUECHA	293	693	0	0
20- OUERMES	6616	2469	3	3
21- OGLA	677	601	1	0
22- MIH OUENSA	1377	1268	2	0
Somme			106	36

3. Dispositif d'enquête et collecte des données

La collecte des données s'est appuyée sur deux questionnaires structurés (**Annexes 1 et 2**), administrés dans le cadre d'entretiens individuels en face à face. Les enquêtes menées auprès des exploitants agricoles ont été réalisées sur une période étendue, de décembre 2021 à avril 2023, tandis que celles destinées aux vendeurs de produits phytosanitaires ont été conduites entre janvier et février 2025.

La participation des enquêtés reposait sur un consentement éclairé, avec une garantie stricte de l'anonymat et de la confidentialité des informations recueillies, conformément aux exigences éthiques en vigueur en Algérie.

Sur cette base, la démarche d'enquête a été déclinée selon deux volets distincts, correspondant respectivement aux exploitants agricoles et aux vendeurs de pesticides, afin de mieux appréhender les pratiques phytosanitaires tout au long de la chaîne d'utilisation et de distribution.

3.1 Enquête auprès des exploitants agricoles

La collecte des données auprès des exploitants agricoles a été réalisée à l'aide d'un questionnaire structuré administré lors d'entretiens individuels en face à face, complété par des observations directes sur le terrain afin de renforcer la fiabilité des informations. L'enquêteur a veillé à la clarté des questions et a vérifié immédiatement la cohérence des réponses.

Le questionnaire était organisé en plusieurs sections thématiques :

- **Caractéristiques socio-professionnelles** : âge, niveau d'expérience, formation et autres éléments pertinents ;
- **Cultures pratiquées et superficies correspondantes** ;
- **Inventaire des produits phytosanitaires utilisés** : dénomination commerciale et catégorie (insecticides, fongicides, herbicides) ;
- **Techniques de préparation et d'application des produits phytosanitaires** ;
- **Mesures de protection individuelle** adoptées lors de l'utilisation des pesticides ;
- **Gestion des emballages vides et respect des Délais Avant Récolte (DAR)** ;
- **Perception des risques sanitaires et environnementaux** liés à l'usage des pesticides ;

- **Savoir-faire paysanne** : connaissances traditionnelles et locales liées aux pratiques culturales, méthodes de choix et de rotation des cultures, utilisation raisonnée des intrants, stratégies de prévention contre les maladies et ravageurs, pratiques innovantes adaptées aux contraintes du milieu saharien.

Cette organisation permet de présenter de manière complète et structurée les pratiques phytosanitaires des exploitants tout en intégrant la dimension connaissances et savoir-faire locaux, essentielle pour comprendre la gestion durable des cultures et la sécurité alimentaire dans le contexte saharien.

3.2 Enquête auprès des vendeurs de pesticides

La collecte des données concernant les vendeurs de pesticides a été réalisée à l'aide d'un questionnaire structuré administré lors d'entretiens individuels. L'enquête visait à explorer en profondeur le profil socio-professionnel des vendeurs, leurs pratiques de commercialisation, leurs sources d'information, ainsi que leur rôle dans le conseil et l'accompagnement des agriculteurs.

Les données ont été recueillies lors de missions de terrain entre janvier et février 2025. L'enquêteur a veillé à la clarté des questions (**Annexe 2**) et a vérifié sur place la cohérence des réponses fournies.

Le questionnaire était organisé autour des sections suivantes :

- **Informations socio-professionnelles** : genre, âge, commune d'activité, niveau d'instruction, ancienneté dans la profession, formation agricole et éventuelle spécialisation ;
- **Pratiques de vente et choix des produits** : types de pesticides commercialisés (insecticides, herbicides, fongicides, etc.), critères de sélection, produits les plus vendus selon le type de culture et fréquence des ventes ;
- **Sources d'information et formation** : recours aux formations, expériences personnelles, documentation spécialisée, appui des fabricants, fréquence de mise à jour des connaissances ;

- **Mesures de sécurité et santé** : équipements de protection individuelle, effets secondaires observés, procédures en cas d'exposition, conditions de stockage, gestion des produits périmés et des emballages vides ;
- **Relations avec les agriculteurs** : nature de l'interaction (vente, conseil, assistance technique), critères influençant les choix des agriculteurs, soutien technique fourni, encouragement aux pratiques sûres et respectueuses de l'environnement, canaux de communication utilisés ;
- **Défis et perspectives** : obstacles rencontrés dans l'interaction avec les agriculteurs et moyens proposés pour améliorer la gestion des pesticides.

Cette approche a permis de recueillir des données détaillées sur le rôle des vendeurs dans la chaîne de distribution des pesticides, ainsi que sur leur influence potentielle sur les pratiques agricoles et le respect des normes de sécurité.

3.3 Données institutionnelles

Les données institutionnelles relatives à la production agricole ont été obtenues auprès de la direction de l'agriculture (DSA) de la wilaya d'El Oued pour la période 2021-2024. Elles concernent principalement la tomate et la pomme de terre cultivées en plein champ, en incluant :

- les superficies cultivées,
- les rendements moyens,
- les pratiques phytosanitaires appliquées.

La collecte de ces informations a été réalisée à travers plusieurs visites sur le terrain et des entretiens avec les responsables techniques de la DSA. Les données recueillies ont ensuite été validées par croisement avec les informations obtenues lors des enquêtes de terrain, afin d'assurer leur fiabilité et leur cohérence.

Ces données institutionnelles ont été intégrées à l'analyse statistique pour compléter et enrichir l'évaluation des pratiques phytosanitaires et des rendements agricoles dans la région étudiée.

4. Détermination des résidus de pesticides sur la tomate et la pomme de terre

4.1 Justification du choix de la matrice

Le choix de la tomate et de la pomme de terre comme matrices d'étude repose sur plusieurs considérations. D'un point de vue économique et nutritionnel, ces deux espèces occupent une place centrale dans l'alimentation des populations Algériennes, tout en contribuant significativement à l'agriculture nationale. Leur culture est particulièrement développée dans des régions sahariennes comme El-Oued, où les conditions édapho-climatiques favorisent une production soutenue.

Sur le plan phytosanitaire, ces cultures sont parmi les plus vulnérables aux attaques parasitaires, ce qui entraîne un recours fréquent aux pesticides. Cette forte pression phytosanitaire accroît le risque de résidus dans les produits récoltés, justifiant pleinement leur sélection dans le cadre de cette étude, qui vise à évaluer les risques sanitaires et à soutenir les efforts en matière de sécurité alimentaire.

4.2 Echantillonnage

4.2.1 Echantillonnage de la tomate cultivée en plein champs

Entre fin décembre 2023 et début janvier 2024, sept exploitations agricoles ont été sélectionnées au hasard dans les deux communes les plus productrices de tomate de la wilaya d'El Oued : quatre agriculteurs à Magrane et trois à Sidi Aoun.

Sur chaque site, trois échantillons composites de tomates mûres (1kg) ont été prélevés de manière aléatoire, soit un total de 21 échantillons. Les fruits présentant des anomalies physiques ou des signes d'infestation ont été systématiquement exclus. Les échantillons, homogènes et représentatifs, ont été conditionnés dans des sacs plastiques hermétiques, puis transportés au laboratoire en respectant scrupuleusement la chaîne du froid.

4.2.2 Echantillonnage de la pomme de terre

Au début du mois de janvier 2024, dix exploitations agricoles ont été sélectionnées aléatoirement dans la commune de Taghzoute, située dans la wilaya d'El-Oued.

Sur chacun des sites, trois échantillons de pommes de terre mûres, ont été prélevés de manière aléatoire, ce qui représente un total de 30 échantillons. Les tubercules présentant des défauts

physiques ou des signes d'infestation ont été rigoureusement écartés. Les échantillons retenus, homogènes et représentatifs, ont été conditionnés dans des sacs plastiques hermétiques, puis transportés au laboratoire en respectant scrupuleusement la chaîne du froid.

Chaque échantillon (tomate et pomme de terre) a été accompagné d'une fiche de prélèvement (**Annexe 3**) renseignée sur le terrain. Cette fiche contenait des informations essentielles permettant de contextualiser l'échantillon, notamment :

- l'identification de l'exploitation (nom, localisation),
- la date de semis et de récolte et dernière pulvérisation
- l'âge de l'agriculteur et son niveau d'instruction,
- les pesticides utilisés (noms commerciaux et/ou matières actives),
- ainsi que les pratiques phytosanitaires appliquées durant le cycle de culture.

L'objectif de cette fiche est de croiser les données analytiques avec les variables socio-agronomiques, afin de mieux comprendre les facteurs influençant la présence de résidus dans les cultures étudiées.

4.2.3 Justification du choix des régions d'échantillonnage

Les sites de prélèvement des échantillons de tomate analysés dans cette étude sont situés à l'est de la wilaya d'El-Oued, plus précisément dans les communes de Magrane et de Sidi Aoun. Ces deux localités ont été choisies en raison de leur importance stratégique dans la production de tomate en plein champ. Selon la direction des services agricoles (**DSA, 2021**), la commune de Magrane occupe la première position en termes de superficies cultivées en tomate, représentant 49,6 % du total, avec une production estimée à 1 730 500 quintaux. Elle est suivie par la commune de Sidi Aoun, qui se classe en deuxième position avec environ 18 % des superficies et une production atteignant 624 500 quintaux.

Quant à la commune de Taghzout, située au nord de la wilaya d'El-Oued, elle a été sélectionnée pour le prélèvement des échantillons de pomme de terre en raison de son poids dans la production régionale. Selon la direction des services agricoles (**DSA, 2021**), elle contribue à hauteur de 825040 quintaux à la production locale, ce qui en fait l'une des zones clés de culture de la pomme de terre dans la région.

CHAPITRE II :
Protocole expérimental
d'analyse des résidus

1. Analyse et détermination des résidus de pesticides

L'analyse des résidus de pesticides constitue une étape cruciale dans l'évaluation de la sécurité sanitaire des produits agricoles destinés à la consommation. Dans cette étude, des échantillons de tomate (*Solanum lycopersicum*) et de pomme de terre (*Solanum tuberosum*), prélevés dans différentes exploitations agricoles de la wilaya d'El-Oued, ont fait l'objet d'analyses visant à détecter et quantifier la présence éventuelle de résidus de substances actives issues des traitements phytosanitaires.

L'objectif principal de cette démarche est de vérifier la conformité des teneurs en résidus par rapport aux limites maximales de résidus (LMR) fixées par les normes internationales, et de mieux comprendre l'impact des pratiques agricoles locales sur la qualité sanitaire des produits récoltés. Les analyses ont été réalisées selon des protocoles rigoureux, incluant la lyophilisation, l'extraction, la purification, puis la détection par des techniques chromatographiques de haute sensibilité.

1.1 Préparation de l'échantillon

Chaque échantillon de tomate ou de pomme de terre, y compris la peau, a été soigneusement découpé en morceaux à l'aide d'un couteau préalablement décontaminé, sans lavage préalable des produits (**Figure 10**), afin d'éviter toute dilution ou perte potentielle des résidus de pesticides présents en surface, puis identifié par un code permettant de retracer l'origine de l'échantillon (exploitation, date, type de culture). Les échantillons ainsi préparés ont été stockés au congélateur à une température de -18°C pendant plusieurs jours afin de préserver l'intégrité des analytes.

Ensuite, les échantillons ont été lyophilisés pendant 72 heures à l'aide d'un lyophilisateur Alpha 2-4 LSCbasic (Martin Christ®, Allemagne), permettant une déshydratation efficace sans dégradation des analytes cibles.

1.2 Protocole d'extraction et de purification des résidus de pesticides

L'extraction et la purification des résidus de pesticides ont été réalisées selon la méthode QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe), largement utilisée pour l'analyse des résidus dans les matrices végétale dans le centre de recherche d'analyse physico-chimique (CRAPC) à Ouargla.

Pour l'étape d'extraction, 1 g de poudre a été introduit dans un tube centrifuge de 50 ml, puis 10 ml d'acétonitrile (ACN) ont été ajoutés. Le mélange a été vigoureusement agité pendant 1 minute à l'aide d'un vortex, puis centrifugé à 4500 rpm pendant 5 minutes.

Pour la purification de l'extrait, 2 ml du surnageant obtenu après centrifugation ont été transférés dans un tube propre contenant 25 mg de PSA (*Primary Secondary Amine*). Ce mélange a été soumis à une agitation vigoureuse pendant 30 secondes, puis centrifugé de nouveau à 4500 rpm durant 2 minutes. Le surnageant ainsi purifié a été filtré à travers une membrane en nylon (NY) de 0,22 μm afin d'éliminer les particules en suspension. Enfin, les extraits filtrés ont été conservés à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ jusqu'à leur injection pour analyse chromatographique.

1.3 Analyse chromatographique par LC/MS

L'analyse des résidus de pesticides a été effectuée à l'aide d'un système UPLC-ESI-MS/MS Shimadzu 8040, doté d'une technologie à ultra-haute sensibilité (UFMS) et couplé à une pompe binaire Nexera XR LC-20AD. Ce système permet la détection simultanée et hautement spécifique des composés ciblés dans des matrices complexes telles que la tomate et la pomme de terre.

La séparation chromatographique a été réalisée sur une colonne Shim-pack XR-ODS (2,2 μm , 75 mm $\times$ 2,0 mm) à un débit de 0,3 ml/min. Le volume d'injection a été fixé à 10 μl . La phase mobile était constituée de :

- ❖ **Phase A** : eau contenant 2 mmol d'ammonium formiate et 0,002 % d'acide formique,
- ❖ **Phase B** : méthanol contenant 2 mmol d'ammonium formiate et 0,002 % d'acide formique.

L'ionisation des analytes a été réalisée par électrospray en mode positif (ESI+), selon les paramètres suivants :

- Gaz CID : 230 kPa,
- Dynode de conversion : $-6,00\text{ kV}$,
- Température de la ligne de désolvatation (DL) : $250\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Débit du gaz de nébulisation : 3,0 L/min,
- Température du bloc chauffant : $400\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Débit du gaz de séchage : 10 L/min.

La détection a été effectuée en mode Multiple Réaction Monitoring (MRM), ce qui a permis d'atteindre une sensibilité élevée et une quantification précise des résidus de pesticides présents dans les échantillons.

Afin d'assurer une séparation efficace des résidus de pesticides, un programme de gradient a été appliqué lors de l'analyse chromatographique. Ce programme est présenté dans **le Tableau 7**.

Par ailleurs, afin de garantir la fiabilité des résultats analytiques obtenus par la méthode LC-MS/MS, une validation préalable a été réalisée à l'aide de standards certifiés de pesticides. Les paramètres analytiques de chaque composé étalon — y compris les transitions d'ions sélectionnées, les temps de rétention, les limites de détection (LOD), de quantification (LOQ), ainsi que les coefficients de corrélation (R^2) — sont résumés dans **l'Annexe 4**.

Tableau 7. Programme de gradient utilisé pour la séparation chromatographique

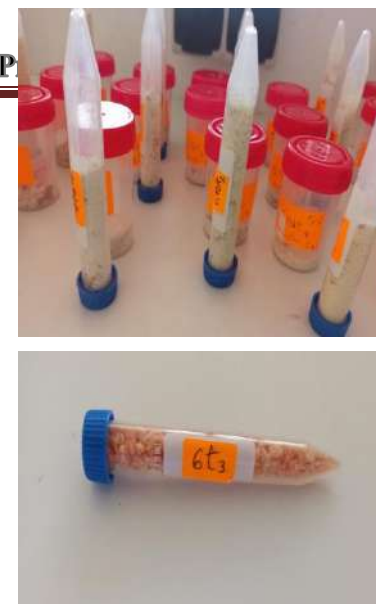
Step	Time	mobile phase A %	mobile phase B %
0	0.1	95	5
1	0.5	60	40
2	1.75	60	40
3	3	50	50
4	4	45	55
5	8.75	5	95
6	15	5	95
7	15.1	95	5
8	18	Stop	Stop



A : préparation de l'échantillons



B : Lyophilisation



C : Broyage et mesure de poids



D : Extraction



E : Purification



F : Filtration



G : Lecture des résultats

1.4 Optimisation des paramètres chromatographiques

Les paramètres de l'appareil LC-MS/MS ont été ajustés pour l'analyse de 34 pesticides différents. Pour chaque composé étudié (**Annexe 5**), la transition ionique (m/z) et le temps de rétention ont été déterminés. Ces paramètres sont essentiels pour assurer une séparation optimale et une détection sensible de chaque composé individuellement. Cette étape permet de discriminer chaque pesticide dans l'échantillon en fonction de son temps d'élution et de sa transition ionique spécifique, garantissant ainsi la précision des résultats analytiques (**Prodhan et al., 2022 ; Dalmia et al., 2021**). Ce processus constitue la base même du succès de la détection et de l'identification des résidus de pesticides dans les échantillons, car chaque composé possède un profil particulier de temps de rétention et d'ions quantificateurs, qui doivent être précisément déterminés pour soutenir les étapes ultérieures de l'évaluation analytique.

2. Traitement et analyse des données

L'ensemble des données collectées auprès des exploitants agricoles, des vendeurs de pesticides et des sources institutionnelles a été saisi et traité à l'aide des logiciels Excel 2010 et SPSS version 23.

Une analyse statistique descriptive a été réalisée afin de déterminer les fréquences, les pourcentages et les moyennes des différentes variables étudiées. Des tableaux et des graphiques ont été élaborés pour faciliter la lecture et l'interprétation des résultats. Lorsque cela s'est avéré pertinent, des croisements de variables ont été effectués afin de mettre en évidence d'éventuelles corrélations ou tendances au sein de l'échantillon étudié.

Partie III :
**Résultats, analyse &
discussion**

CHAPITRE I :

Investigation des usages et pratiques en matière de phytosanitaire

CHAPITRE I. Investigation des usages et pratiques en matière de phytosanitaire

1. Introduction

L'introduction des pesticides dans l'environnement agricole est étroitement associée aux pratiques culturelles prédominantes dans les systèmes de production intensifs. Dans cette section, nous étudions le fonctionnement global du système de production maraîchère dans la région saharienne d'El Oued. Cette zone, réputée pour son développement agricole en expansion et sa expertise dans les cultures maraîchères telles que la tomate et la pomme de terre, fait face à une utilisation intensive de produits phytosanitaires en raison des défis posés par le climat sec, les attaques de parasites et les impératifs de rendement. L'association de l'irrigation, des engrais minéraux et organiques ainsi que des pesticides constitue un élément essentiel pour augmenter la productivité. Cependant, il peut également comporter des dangers pour l'environnement et la santé si les pratiques ne sont pas maîtrisées de manière adéquate. Il est essentiel, dans le cadre de cette étude, d'analyser les modalités d'utilisation de ces produits, les compétences locales et leur éventuel impact sur l'environnement.

2. Résultats et analyse des données

Les résultats issus des enquêtes menées auprès des agriculteurs sont présentés et analysés dans cette section. Les données ont été classées selon les principales thématiques du questionnaire, telles que les caractéristiques socio-professionnelles, les pratiques culturelles, l'utilisation des pesticides, ou encore la perception des risques.

L'objectif est de mettre en évidence les tendances dominantes et de mieux comprendre les comportements des producteurs vis-à-vis des produits phytosanitaires.

2.1 Caractéristiques socio-professionnelles des exploitants agricoles

Cette section propose une analyse approfondie des caractéristiques socio-professionnelles des exploitants agricoles enquêtés. Sont pris en compte l'âge des répondants, leur niveau d'instruction, leur ancienneté dans le secteur agricole ainsi que leur participation à des formations agricoles, en particulier celles portant sur l'utilisation des pesticides.

L'objectif principal est de dresser un profil précis des utilisateurs de produits phytosanitaires et d'explorer les éventuelles corrélations entre ces variables socio-professionnelles et les pratiques phytosanitaires observées sur le terrain. Cette approche permet de mieux cerner les

facteurs susceptibles d'influencer l'adoption de bonnes pratiques en matière de gestion des produits phytosanitaires.

2.1.1. Âge des agriculteurs

L'âge des agriculteurs enquêtés s'étend de 18 à 86 ans, avec une moyenne de $44,9 \pm 15,9$ ans. L'analyse des données met en évidence une population agricole relativement jeune : la tranche d'âge la plus représentée est celle des 39 ans ou moins, constituant 44 % de l'échantillon. Les agriculteurs âgés de 40 à 59 ans représentent 35 % du groupe, tandis que les seniors (60 ans et plus) comptent pour 21 %. Bien que la jeunesse des exploitants soit un trait dominant de ce secteur, la proportion d'agriculteurs expérimentés demeure significative (Figure 11).

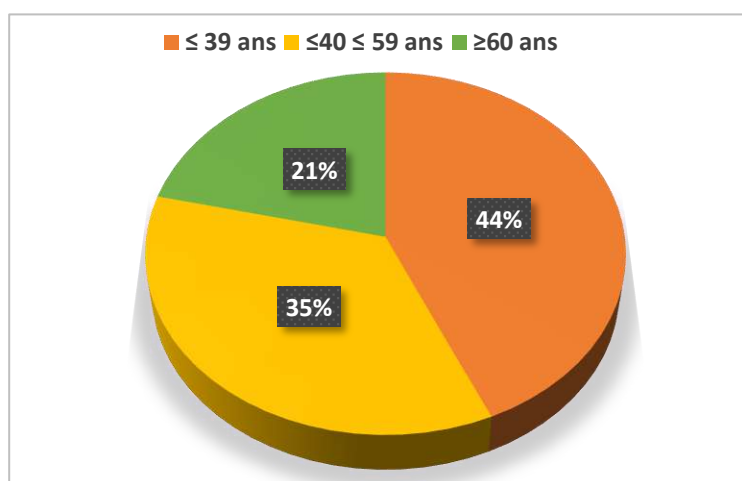


Figure 11. Age des agriculteurs

3.1.2. Niveau d'instruction

L'analyse du niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés montre que 22,06 % d'entre eux ont un niveau primaire ou sont analphabètes (5% analphabètes et 17 % niveau primaire). La moitié des producteurs (50 %) possèdent un niveau moyen ou secondaire (21 % niveau moyen et 29 % niveau secondaire). Enfin, 27 % des répondants ont suivi des études supérieures, dont seulement 1% dans des spécialités agricoles. La moyenne pondérée du niveau d'instruction est 2.07 ± 0.71 , traduisant une dispersion modérée autour du niveau moyen à secondaire et confirmant la faible proportion de formation universitaire, surtout dans le domaine agricole (Figure 12).

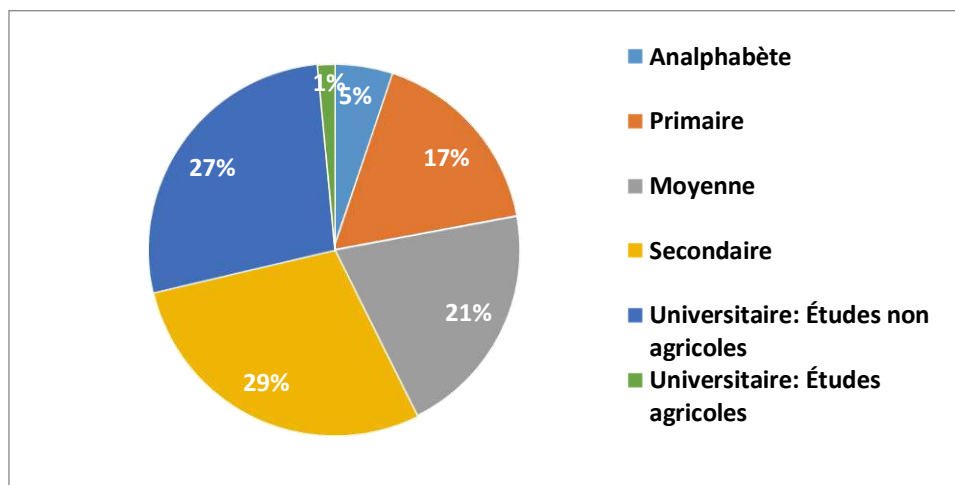


Figure 12. Niveau d'instruction

2.1.3. Expérience agricole

L'analyse de l'ancienneté des agriculteurs enquêtés révèle une diversité notable d'expérience dans le secteur agricole. En effet, 30,15 % des producteurs justifient de plus de 20 ans d'expérience, 54,41 % disposent d'une ancienneté comprise entre 11 et 20 ans, et 15,44 % exercent depuis moins de 10 ans. La moyenne d'ancienneté au sein de l'échantillon est de $M = 16,8$ ans, avec un $SD = 4,7$ ans, ce qui traduit une dispersion modérée autour de la moyenne et confirme la prédominance d'exploitants ayant une expérience moyenne à élevée. Cette structure d'ancienneté peut influencer de manière significative les pratiques agricoles et la gestion des produits phytosanitaires, en fonction du degré d'adaptation aux recommandations techniques et des habitudes acquises (**Figure 13**).

L'analyse de la relation entre l'âge et l'expérience agricole a été réalisée à l'aide de la corrélation de Spearman, compte tenu du caractère non normal des distributions. Le calcul du coefficient de Spearman a révélé une corrélation positive modérée et hautement significative ($\rho = 0,40$; $p < 0,001$) entre l'âge et l'expérience agricole. Cela indique que, dans l'échantillon étudié, les exploitants agricoles les plus âgés tendent à avoir davantage d'années d'expérience, bien que la relation ne soit pas parfaitement linéaire. La figure 14 illustre graphiquement cette relation à travers un nuage de points, où l'on observe une tendance générale à la hausse de l'expérience agricole avec l'âge.

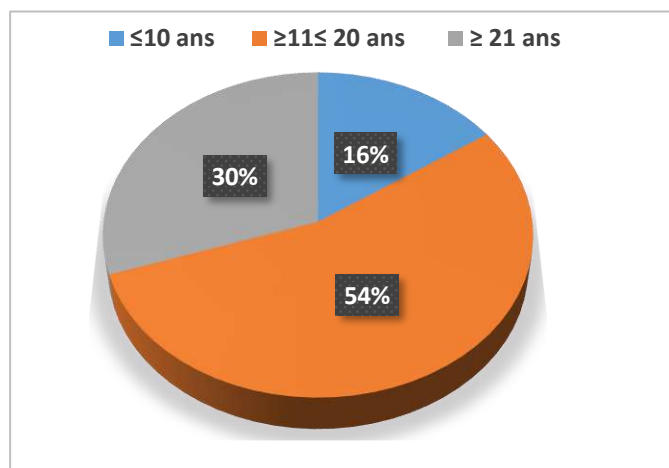


Figure 13. Expérience agricole

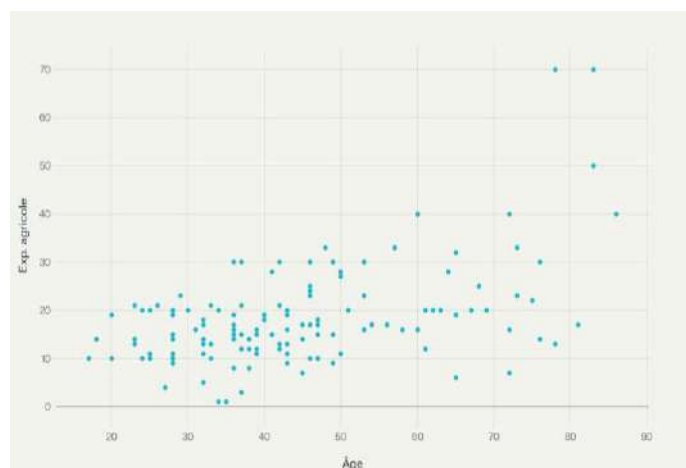


Figure 14. Relation entre l'âge et l'expérience

2.1.4. Modes d'acquisition des terres de l'exploitation agricole

Les données présentées dans la **figure 15** mettent en exergue la diversité des modes d'accès au foncier au sein du secteur agricole local, où coexistent la mise en valeur, l'achat, l'héritage, la concession et la location.

L'analyse démontre que la mise en valeur constitue le principal vecteur d'acquisition des terres. Cette prédominance témoigne d'une dynamique de développement volontariste et de stratégies d'investissement productif de la part des exploitants. Parallèlement, les modes de transmission traditionnels, tels que l'achat et l'héritage, conservent un rôle déterminant dans la structuration et la pérennité du patrimoine foncier rural. À l'inverse, les statuts liés à la concession ou à la location demeurent marginaux, indiquant une faible incidence des modes d'exploitation indirects dans cette zone.

Cette hétérogénéité des parcours d'accès à la propriété reflète la vitalité du marché foncier et souligne l'importance d'une adaptation des politiques publiques aux spécificités territoriales, afin de mieux accompagner les réalités socio-économiques des agriculteurs.

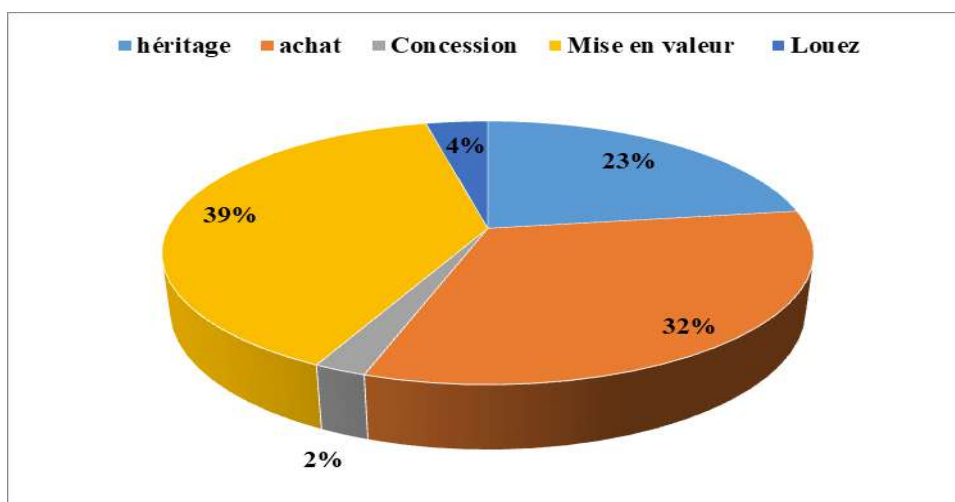


Figure 15. Modes d'acquisition des terres agricoles

2.1.5. Participation des agriculteurs à une formation agricole

L'analyse des données relatives à la formation agricole des producteurs révèle une carence notable dans ce domaine. En effet, seuls 5 agriculteurs sur 136 interrogés (soit 3,68 %) déclarent avoir bénéficié d'une formation en lien avec l'agriculture, tandis que la grande majorité (96,32 %) n'a suivi aucune formation spécifique. L'écart-type (σ) de cette proportion est estimé à 0,19. Cette valeur relativement faible indique une faible dispersion autour de la moyenne, ce qui met en évidence la rareté des agriculteurs ayant bénéficié d'une formation agricole au sein de l'échantillon étudié. Ce résultat souligne la faible prévalence de ce type de formation parmi les répondants (**Figure 16**).

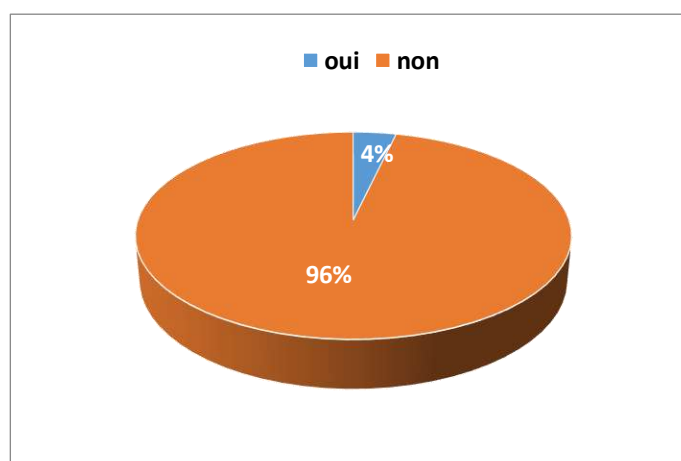


Figure 16. Participation aux formation agricole

2.2. Pratiques culturales

Cette section présente la répartition des principaux types de cultures, des superficies exploitées observés chez les agriculteurs enquêtés. L'analyse permet de mieux comprendre les choix culturaux et l'organisation des systèmes de production dans la zone d'étude.

2.2.1. Types de cultures

L'analyse des types de cultures pratiquées montre une nette prédominance des cultures légumières, notamment la pomme de terre qui occupe la plus grande surface exploitée (416,37 ha), suivie par l'oignon, la tomate et l'ail. Les cultures pérennes, telles que le palmier dattier et les arbres fruitiers, représentent également une part non négligeable. Les céréales et les légumineuses occupent des superficies plus modestes (**Figure 17**). Cette structure culturelle reflète une orientation marquée vers le maraîchage dans la zone d'étude, avec une diversification modérée vers les cultures pérennes et les grandes cultures.

2.2.2. Superficie agricole utile (SAU)

L'analyse de la SAU montre une prédominance des exploitations de taille moyenne (2 à 4 ha), suivies par celles de 4 à 6 ha. L'écart-type calculé pour la distribution des superficies est d'environ 2,37 ha, indiquant une dispersion modérée autour de la moyenne et traduisant la diversité des structures foncières au sein de l'échantillon (**Figure 18**).

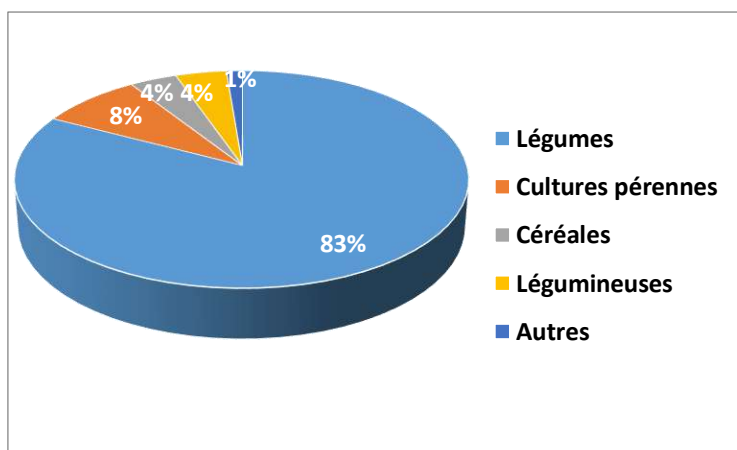


Figure 17. Principales spéculations cultivées

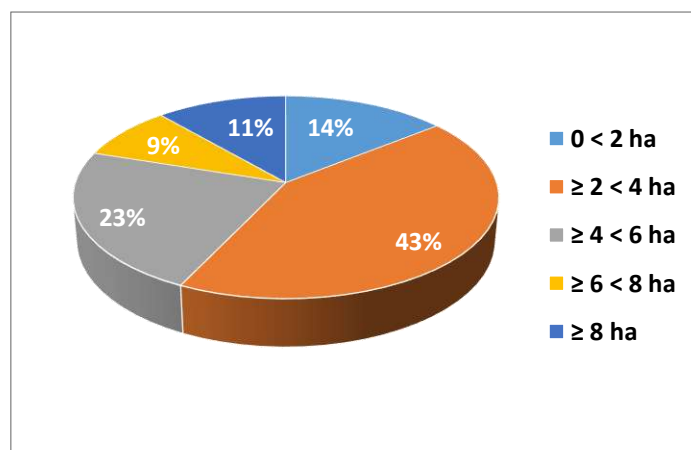


Figure 18. Superficie exploitée

2.2.3. Types de systèmes d'irrigation

Les résultats de l'étude révèlent une grande diversité des systèmes d'irrigation adoptés par les agriculteurs de la région, où le choix de la technique appliquée dépend généralement du type de culture et des besoins spécifiques de chaque exploitation (**figure 19**). L'irrigation par submersion est surtout privilégiée dans les plantations de palmiers-dattiers, ce système étant parfaitement adapté aux exigences hydriques du palmier et à la nature sableuse des sols sahariens. En revanche, les techniques sous pivot et goutte à goutte sont davantage utilisées dans la culture des légumes et des plantes maraîchères sensibles (**Photo 1, 2**). Les données de terrain mettent également en évidence l'existence de systèmes combinés, intégrant plusieurs techniques d'irrigation au sein d'une même parcelle, stratégie adoptée en réponse à la diversité des cultures et à la volonté de valoriser au mieux la ressource hydrique.

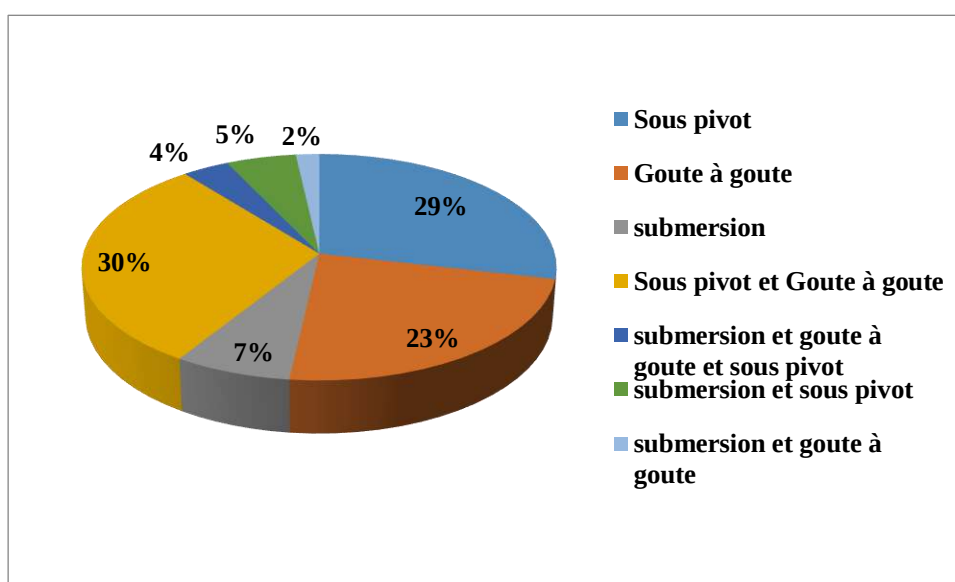


Figure 19. Systèmes d'irrigation



SAIGHI., 2022

Photo 1. Système d'irrigation sous pivot



SAIGHI., 2022

Photo 2. Système d'irrigation goutte à goutte

2.2.4. Systèmes de culture

L'analyse des données relatives aux systèmes de culture adoptés par les agriculteurs montre une prédominance marquée de la culture en plein champ, pratiquée par 76 % des exploitants. La culture sous serre demeure marginale, n'étant choisie que par 3 % des agriculteurs(**Photo 3**). Par ailleurs, 21 % des répondants déclarent recourir de manière combinée aux deux systèmes, alternant entre plein champ et serres en fonction des besoins de production. Cette répartition met en évidence une préférence pour les méthodes traditionnelles, tout en soulignant une certaine capacité d'adaptation à travers l'intégration de systèmes de culture diversifiés.



Photo 3. Systèmes de culture sous serre

2.3. Pratiques d'utilisation des pesticides et gestion phytosanitaire

Cette section examine les pratiques d'utilisation des pesticides parmi les agriculteurs, en s'intéressant aux types de produits appliqués, aux modalités d'application et au respect des mesures de sécurité. L'objectif est d'évaluer la gestion phytosanitaire locale et d'identifier les leviers d'amélioration en vue d'une utilisation plus durable et responsable des pesticides.

Un total de 131 spécialités commerciales, correspondant à 66 substances actives réparties dans environ 41 familles chimiques, a été cité par les agriculteurs enquêtés. Parmi ces substances, les plus fréquemment représentées sont l'abamectine (10,97 %), le fosétyl-aluminium (10,49 %), la metribuzine (9,86 %) et le chlorantraniliprole (7,63 %).

2.3.1. Types de produits

L'analyse des types de produits phytosanitaires utilisés révèle une nette prédominance des fongicides (38 %), suivis des insecticides (28 %) et des herbicides (18 %). Les associations insecticide-acaricide, les acaricides et les nématicides restent faiblement représentés, ce qui traduit une priorité accordée à la lutte contre les maladies fongiques et les insectes dans la gestion phytosanitaire locale (**Figure 20**).

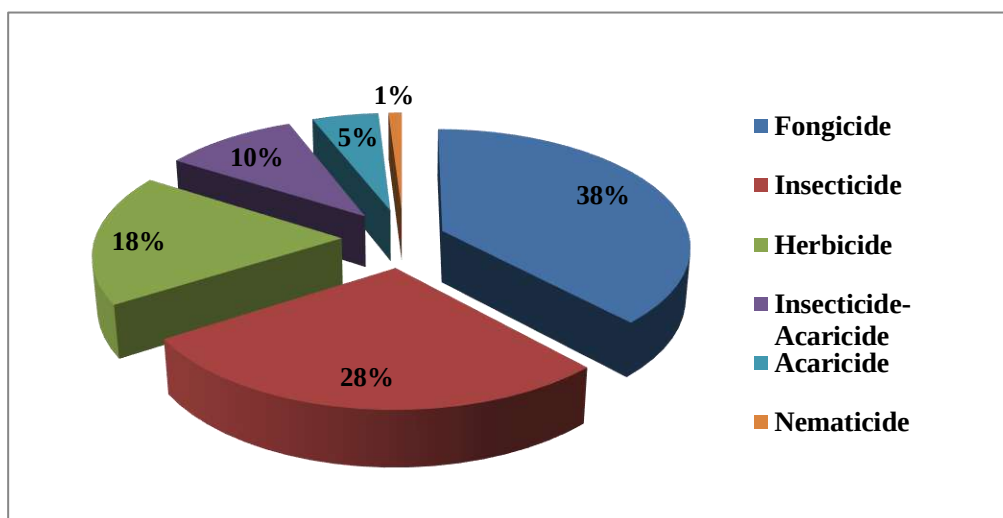
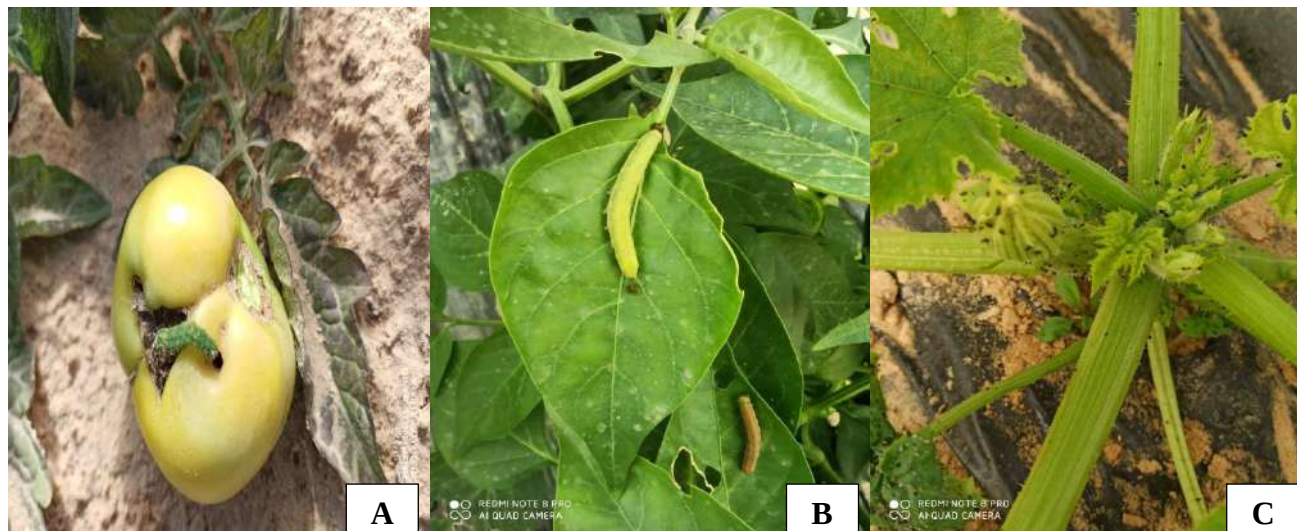


Figure 20. Types de pesticides utilisés

Cette répartition peut être expliquée par l'importance des contraintes phytosanitaires rencontrées dans les systèmes maraîchers de la région d'El Oued. Les cultures de tomate et de pomme de terre, qui dominent les productions locales, sont fréquemment exposées à diverses maladies cryptogamiques telles que l'alternariose, le mildiou et la fusariose, ainsi qu'à plusieurs ravageurs d'importance économique, notamment la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*), les aleurodes (*Bemisia tabaci*), les pucerons et les thrips (**Photo 4**). Des études menées dans la région ont montré que ces bioagresseurs figurent parmi les principales contraintes phytosanitaires rencontrées par les producteurs maraîchers, ce qui explique le recours fréquent aux fongicides et aux insecticides comme principaux moyens de protection des cultures.

La prédominance des fongicides observée dans cette étude pourrait également être liée à certaines pratiques culturelles largement répandues dans la région. En effet, le stockage des tubercules de pomme de terre destinés à la plantation peut favoriser le développement de maladies fongiques responsables de pourritures et de contaminations des semences, conduisant les agriculteurs à recourir à des traitements préventifs ou curatifs. Par ailleurs, le développement des systèmes d'irrigation intensive, notamment par pivot, associé à la

succession rapide des cultures et à la forte densité de plantation, peut créer des conditions favorables à l'apparition et à la propagation de certaines maladies cryptogamiques. Dans ce contexte, l'utilisation des fongicides constitue une pratique couramment adoptée pour sécuriser les rendements et préserver la qualité des productions maraîchères.



**Photo 4. Principaux ravageurs rencontrés dans les cultures maraîchères
(A) *Tuta absoluta* ; (B) Larve de noctuelle ; (C) Puceron noir.**

2.3.2. Matières actives les plus utilisées

Les résultats de notre enquête ne reflètent pas un choix direct des matières actives par les agriculteurs. En effet, ces derniers identifient principalement les produits commerciaux qu'ils utilisent, et c'est à partir de ces dénominations que nous avons déterminé les matières actives les plus fréquemment employées. L'abamectine apparaît comme la substance la plus fréquemment employée, suivie par le chlorantraniliprole et la lambda-cyhalothrine, ce qui met en évidence une nette préférence pour ces molécules dans les stratégies de protection des cultures (**Figure 21**). À l'inverse, d'autres substances actives telles que l'alpha-cyperméthrine et le thiaclopride sont très rarement adoptées par les producteurs. Les choix intermédiaires, à l'instar de l'emamectine, du thiaméthoxame, de l'acétamipride et du chlorpyrifos, témoignent d'une utilisation plus modérée, influencée probablement par l'efficacité constatée sur le terrain, la disponibilité commerciale du produit et les recommandations techniques locales. Ces tendances révèlent l'importance accordée par les agriculteurs à certains modes d'action, et soulignent la nécessité d'un accompagnement technique pour rationaliser l'utilisation des substances actives et garantir une gestion durable des ravageurs dans les systèmes agricoles.

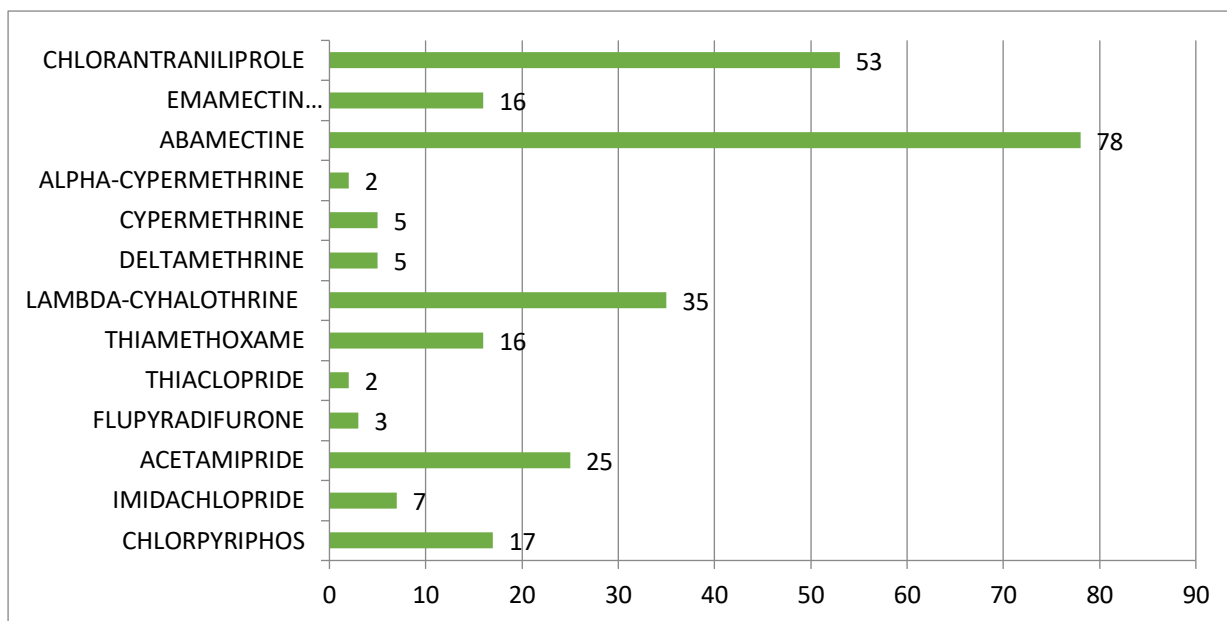


Figure 21. Matières actives les plus utilisées (%)

2.3.3. Familles chimiques des substances actives phytosanitaires utilisées

L'analyse des familles chimiques utilisées illustrés dans la figure 22 révèle une prédominance des avermectines, phosphonates et tryazinones, qui enregistrent les fréquences les plus élevées dans l'échantillon. À l'inverse, les acétamides, pyrazoles et organophosphorés sont très faiblement représentés. l'écart-type ($SD \approx 22,4$) met en évidence une forte dispersion dans le choix des substances actives, traduisant une hétérogénéité importante des pratiques phytosanitaires parmi les agriculteurs. Ce profil suggère une adaptation différenciée des stratégies de protection selon les problématiques rencontrées dans la zone d'étude.

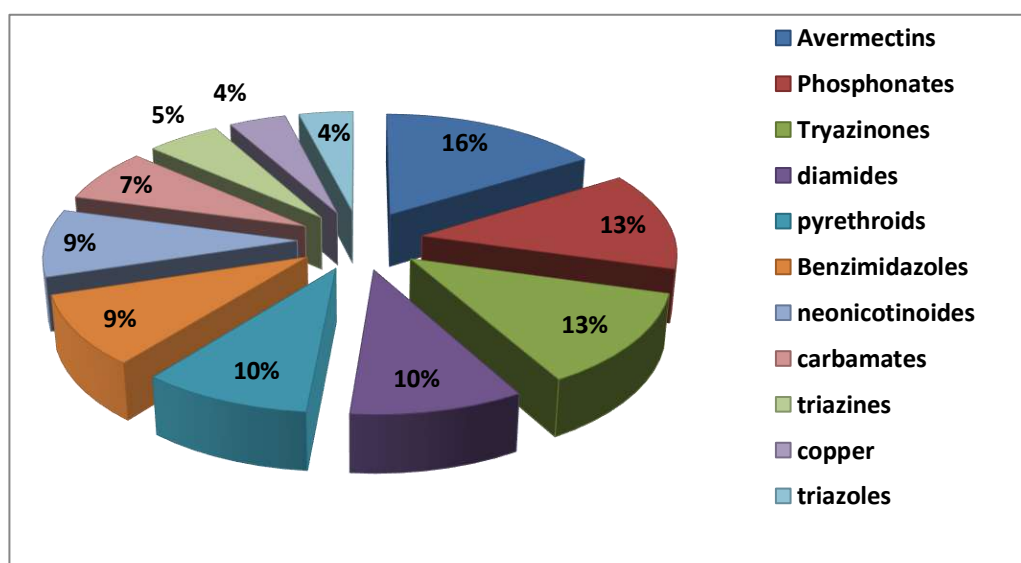


Figure 22. Principaux groupes chimique de pesticides utilises

2.3.4. Types de formulations des spécialités commerciales

Les résultats de l'enquête révèlent une grande disparité dans les options de formulations commerciales de produits phytosanitaires adoptées par les agriculteurs sondés. Les formulations de type WP (poudres mouillables) et EC (concentrés émulsionnables) prédominent nettement dans l'échantillon, comptabilisant respectivement 27 % et 23 % des utilisations totales (168 et 145 citations). Ces formulations sont ensuite améliorées par des suspensions concentrées (SC, 15 %) et des granulés dispersibles dans l'eau (WG, 11 %). Les formulations alternatives, telles que SL, ZC, SP, CS, SG, OD et GR, demeurent minoritaires, chacune comptant pour moins de 10 % des occurrences (**Figure 23**). Le calcul de l'écart-type pour la distribution des fréquences ($SD \approx 54,8$) indique une dispersion significative, soulignant la prédominance de certaines formulations et le manque de représentation d'autres. L'analyse de la distribution observée à l'aide du test du chi-deux révèle une disparité statistiquement significative entre les fréquences prévues et observées ($\chi^2 = 485,4$; ddl = 10 ; $p < 0,001$), suggérant ainsi que la sélection des formulations n'est pas le fruit du hasard, mais plutôt influencée par des préférences ou des contraintes techniques propres aux systèmes de production locaux.

Cette configuration met en évidence la reliance des agriculteurs sur des types spécifiques de formulations, vraisemblablement en raison de leur disponibilité sur le marché, de leur facilité d'utilisation et de leur efficacité perçue, tout en révélant un manque de diversification dans l'utilisation d'autres formulations commerciales.

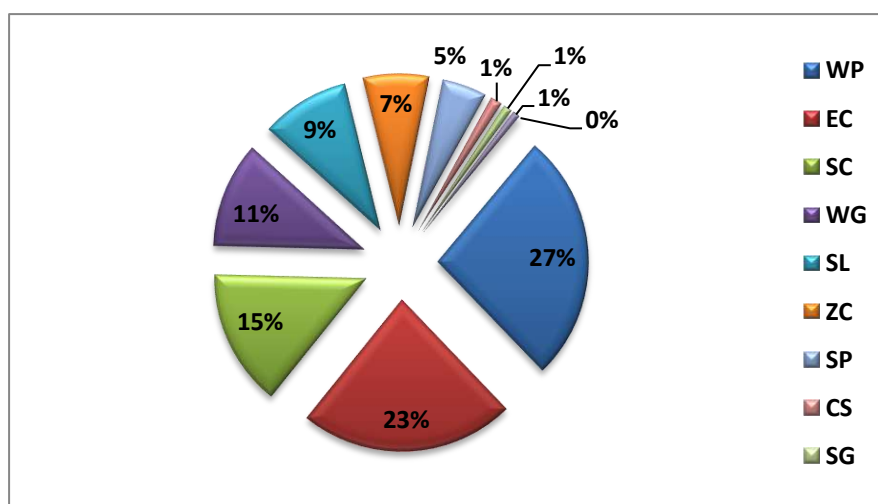


Figure 23. Formulations de pesticides utilisé

2.3.5. Classes de toxicité des produits phytosanitaires utilisés

L'examen des données de résultats illustrées dans la **figure 24** révèle une prédominance significative des classes II (modérément dangereuse 40,9 %) et U (peu dangereuse, 39,8 %) parmi les produits phytosanitaires employés par les agriculteurs. Les classes Ib (hautement dangereuse) et III (légèrement dangereuse) constituent respectivement 10,4 % et 7,7 %, tandis que les classes Ia (extrêmement dangereuse) et NC (non classée) demeurent très marginales, avec des proportions de 0,5 % et 0,8 %.

D'un point de vue statistique, la moyenne du nombre de produits par classe s'élève à 113,5, accompagnée d'un écart-type significatif ($SD \approx 109,7$), ce qui indique une dispersion considérable des fréquences entre les diverses classes. Le coefficient de variation ($CV \approx 0,97$) atteste de cette hétérogénéité significative. L'asymétrie ($skewness = 0,59$) suggère une légère inclination vers les classes les plus fréquentes, tandis que le kurtosis négatif ($-1,47$) témoigne d'une distribution aplatie, caractérisée par la prédominance de deux classes et la sous-représentation des autres.

Ces résultats mettent en évidence que la gestion phytosanitaire à l'échelle locale s'appuie principalement sur des produits présentant une toxicité modérée à faible. Toutefois, la diversité des classes de produits utilisés demeure restreinte, ce qui pourrait engendrer des répercussions sur la gestion des risques ainsi que sur la durabilité des pratiques agricoles.

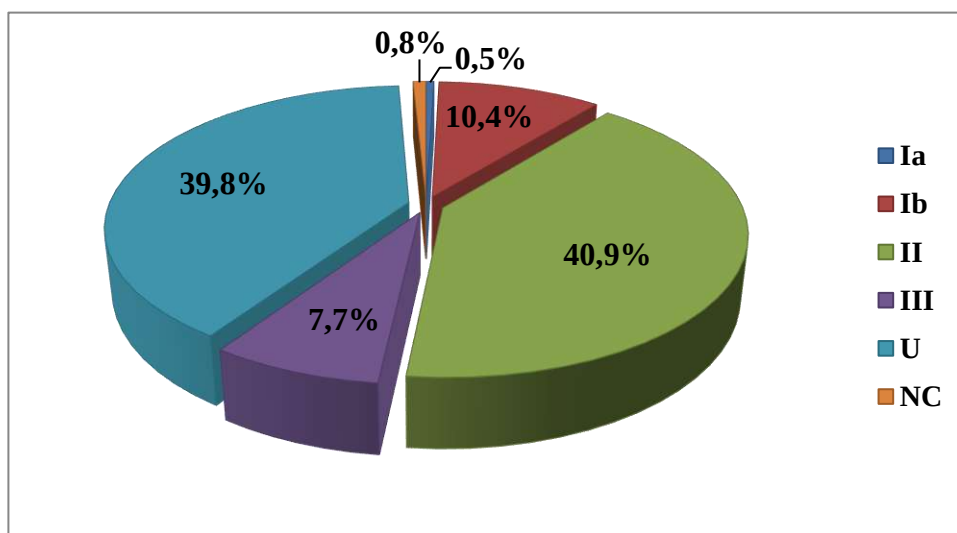


Figure 24. Catégories de danger des produits chimiques selon la classification de l'OMS

2.3.6. Pesticides agricoles : originaux et génériques

Les pesticides agricoles constituent des outils essentiels pour la protection des cultures et la garantie de la sécurité alimentaire, car ils visent à lutter contre divers types de ravageurs et à limiter leurs dégâts sur la production agricole. Avec le développement de l'industrie des pesticides et l'augmentation de la demande mondiale, deux catégories principales de ces produits sont apparues sur le marché : les pesticides originaux, développés par des entreprises leaders et soumis à de longues années de recherche et d'essais, et les pesticides génériques, qui apparaissent après l'expiration du brevet du pesticide original et sont généralement produits avec la même substance active, mais à un coût moindre.

D'après notre investigation auprès, nous avons recensé au total 131 spécialités commerciales utilisées par les agriculteurs présente en **figure 25** montrent que 59 % des agriculteurs préfèrent utiliser les pesticides originaux, tandis que 41 % d'entre eux optent pour les pesticides génériques. Les résultats présentés dans la figure 26 révèlent des différences notables dans les préférences des agriculteurs selon le type de pesticide utilisé. Pour les insecticides et les fongicides, la majorité des agriculteurs privilégient les produits originaux, avec des taux respectifs de 65 % et 70 %. En revanche, pour les herbicides et les nématicides, la préférence se porte majoritairement sur les produits génériques, atteignant 76 % pour les herbicides et 75 % pour les nématicides. Concernant les acaricides, 59 % des agriculteurs optent pour les produits originaux, tandis que 41 % choisissent les génériques.

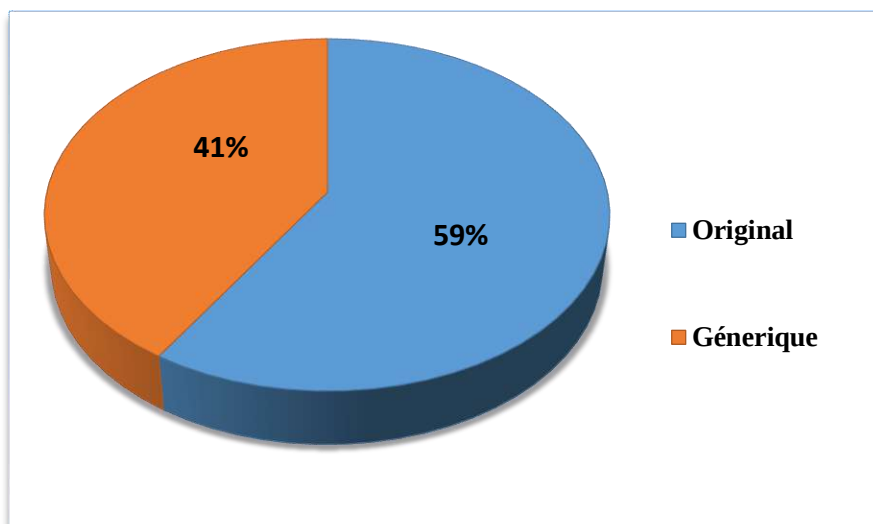


Figure 25. Pesticides originaux et génériques utilisés

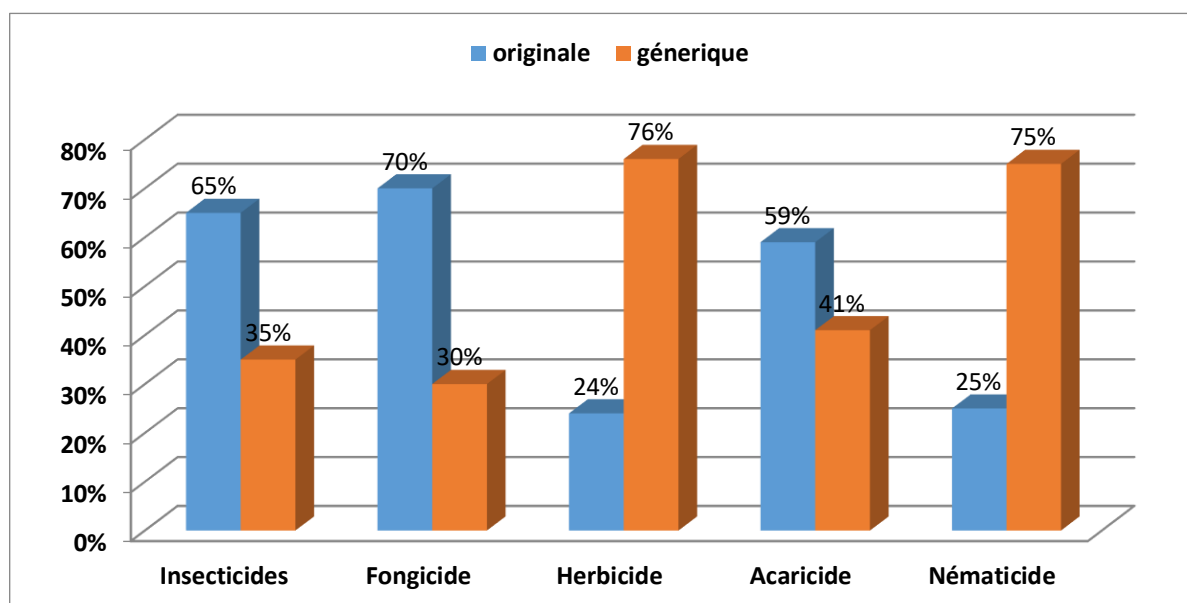


Figure 26. Produits phytosanitaires originaux et génériques selon leur type

2.3.7. Évaluation des connaissances et des pratiques sur l'utilisation des pesticides et la sécurité sanitaire

Dans cette section, nous allons présenter et analyser les résultats relatifs aux connaissances et aux pratiques des agriculteurs concernant l'utilisation des pesticides agricoles ainsi que les mesures prises pour assurer la sécurité sanitaire. Cette analyse permettra de mettre en évidence les tendances observées au sein de la population étudiée et d'identifier les éventuelles lacunes ou besoins en formation.

2.3.8.1. Méthodes de contrôle

Les résultats du questionnaire, présentés dans la figure 27, montrent que plus de la moitié des agriculteurs (56 %) utilisent à la fois les méthodes curatives et préventives pour la lutte contre les ravageurs. En comparaison, 23 % des agriculteurs privilégient uniquement la méthode curative, tandis que 21 % optent pour la méthode préventive. Ces données illustrent une tendance marquée chez les exploitants agricoles à adopter une stratégie intégrée combinant prévention et traitement afin d'assurer une meilleure protection des cultures. Parmi les indicateurs de cette approche de protection intégrée figure la présence de coccinelles dans les exploitations (**Photo 5**).

Cette orientation vers des pratiques de protection intégrée peut également s'expliquer par une prise de conscience progressive des impacts environnementaux liés à l'usage intensif des pesticides, notamment sur la faune non ciblée.

Conformément aux données recueillies, la majorité des agriculteurs enquêtés déclarent ne pas posséder d'animaux dans leurs parcelles maraîchères (95%), tandis qu'une minorité (5%) en détient, généralement isolés des zones cultivées. Certains agriculteurs ont néanmoins rapporté la présence de pigeons bleus morts à proximité des champs. Ces observations suggèrent un impact potentiel des pesticides sur la faune non ciblée.

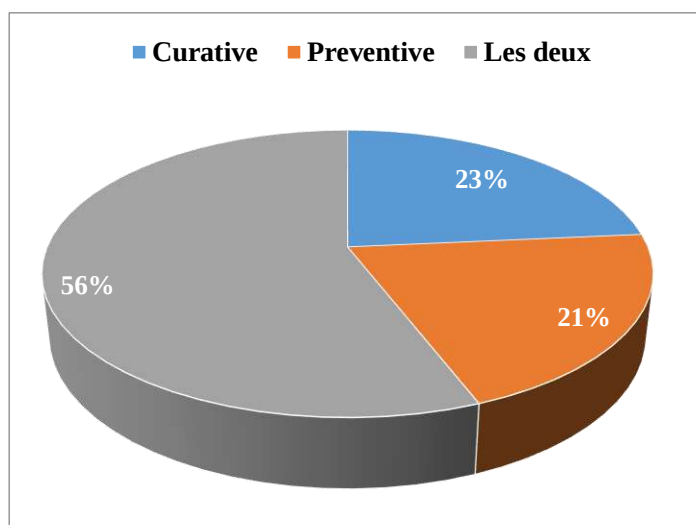


Figure 27. Modes d'utilisation des produits phytosanitaires



Photo 5. Coccinelle dans la culture de pomme de terre

2.3.8.1.1. Utilisation de pièges à phéromones

Le recours à des pièges à phéromones constitue une méthode de lutte écologique et sélective, largement utilisée dans les systèmes de protection intégrée. Ces dispositifs, illustrés à la **Photo 6**, permettent à la fois la surveillance et la capture ciblée de certains ravageurs spécifiques. Ils reposent sur l'émission de substances chimiques naturelles, appelées phéromones, qui imitent les signaux olfactifs produits par les insectes pour attirer principalement les mâles. En piégeant ces derniers avant la reproduction, les pièges à phéromones réduisent efficacement la population des ravageurs. En outre, ils offrent des informations précieuses sur la présence et le niveau d'infestation, aidant les agriculteurs à ajuster leurs stratégies de lutte de façon raisonnée et durable. Représentant une alternative

respectueuse de l'environnement face aux pesticides chimiques, cette technique illustre la transition vers une gestion intégrée et écologique des cultures.



Photo 6. Pièges à phéromones

2.3.8.2. Connaissance des utilisateurs sur le nom des pesticides utilisés

Les résultats illustrés par la **figure 28** montrent que 32 % des répondants connaissent précisément le nom du pesticide utilisé. Par ailleurs, 20 % déclarent en connaître quelques-uns, tandis que 48 % ne connaissent pas le nom des pesticides employés.

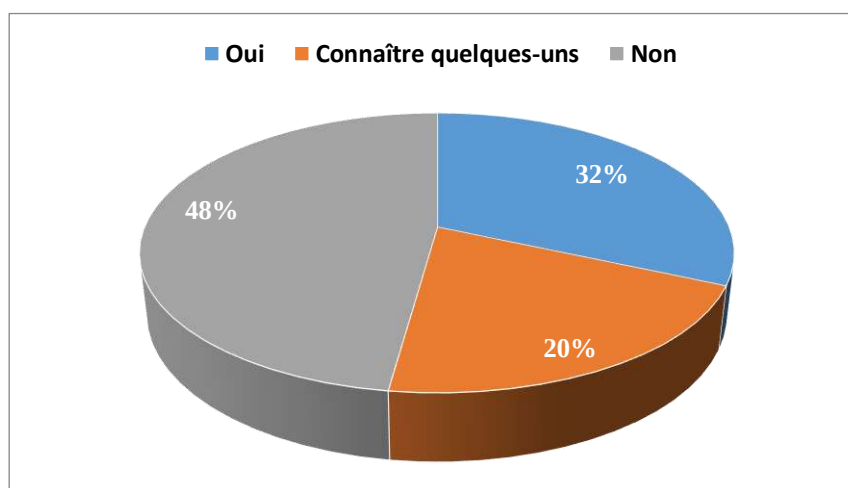


Figure 28. Niveau de connaissance des produits phytosanitaires

2.3.8.3. Connaissance de la matière active

L'analyse des données révèle que seulement 10 % des utilisateurs connaissent la matière active du pesticide qu'ils emploient, tandis que 6 % déclarent en connaître quelques-unes. En revanche, une grande majorité, soit 84 %, ne connaît pas la matière active des pesticides utilisés. Ces résultats mettent en évidence un déficit notable d'information sur la composition des produits phytosanitaires parmi les utilisateurs (**Figure 29**).

2.3.8.4. Connaître le délai avant récolte

Les résultats d'enquête présente dans **la figure 30** montre que la majorité des agriculteurs (74 %) ont déclaré connaître le délai avant récolte, tandis que 26 % d'entre eux ont indiqué ne pas le connaître. Ces résultats reflètent un niveau de sensibilisation relativement élevé parmi la plupart des agriculteurs quant à l'importance de respecter le délai avant récolte lors de l'utilisation des pesticides agricoles.

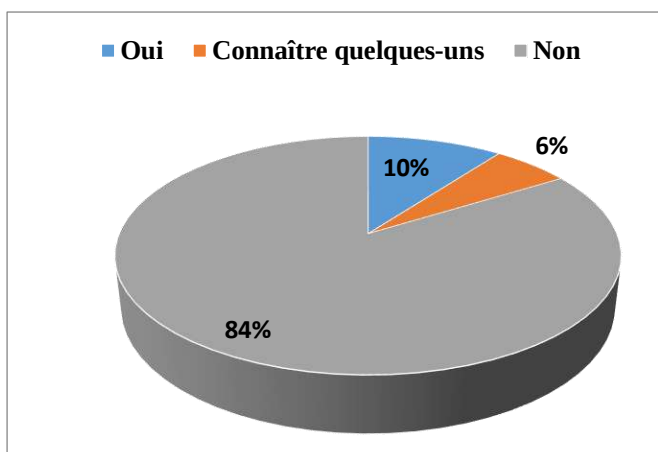


Figure 29. Connaissance de la matière active

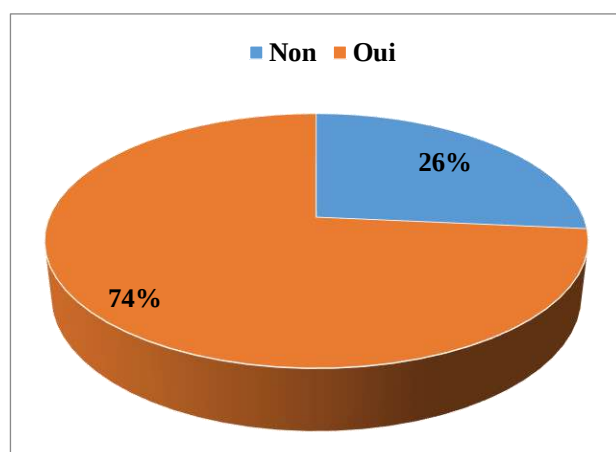


Figure 30. Connaissance du DAR

2.3.8.5. Respect de délai avant récolte

Les résultats ont montré que la majorité des agriculteurs (90 %) déclarent respecter toujours le délai avant récolte lors de l'utilisation des pesticides agricoles, tandis que seulement 6 % ne le respectent jamais et 4 % le respectent parfois (**Figure 31**). Ces résultats reflètent un engagement clair de la part de la plupart des agriculteurs à appliquer cette pratique essentielle pour garantir la sécurité des produits agricoles.

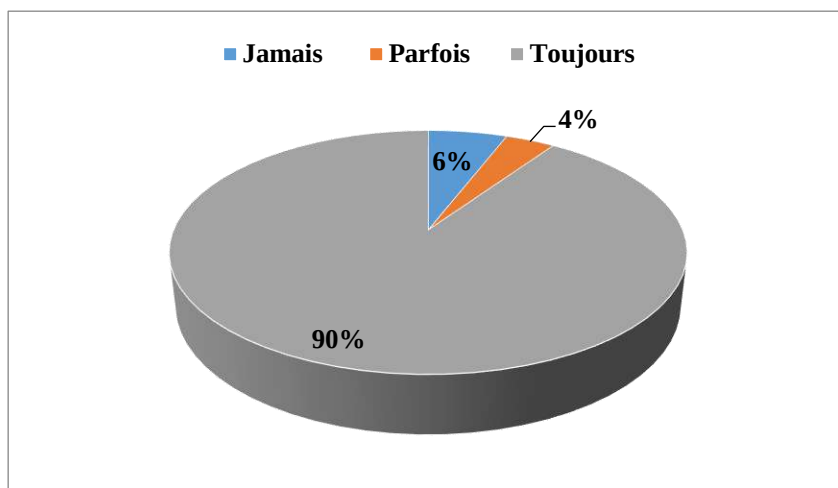


Figure 31. Respect du délai avant récolte des pesticides

2.3.8.6. Connaissance des agriculteurs aux pictogrammes

le tableau 8 présente les niveaux de connaissance des agriculteurs concernant les principaux pictogrammes de danger associés aux produits phytosanitaires. Les résultats montrent que la totalité (100%) des producteurs identifient parfaitement les pictogrammes d'inflammabilité (F), de toxicité (T), de nocivité (Xn) et de danger pour les abeilles. En revanche, la connaissance reste partielle pour les symboles « corrosif (C) » (26,5 %), « dangereux pour l'environnement (N) » (7,4 %) et « comburant (O) » (0,8 %), indiquant une sensibilisation limitée à certains types de risques spécifiques. Ces résultats soulignent l'efficacité des actions de formation sur les dangers majeurs, mais révèlent aussi la nécessité de renforcer l'éducation autour des risques environnementaux, chimiques et biologiques moins bien maîtrisés. Une meilleure connaissance globale de tous les pictogrammes permettrait d'améliorer la sécurité, la gestion responsable des produits et la protection de la santé des travailleurs ainsi que de l'environnement.

Tableau 8. Récapitulatif des pictogrammes, codes et taux de reconnaissance

Pictogrammes	Nom du pictogrammes (code)	Connaissance des agriculteurs (%)
	Inflammable (F)	100%
	Corrosif (C)	26.5%
	Dangereux pour l'environnement (N)	7.4%
	Comburant (O)	0.8%
	Toxique (T)	100%
	Nocif (Xn)	100%
	Dangereux pour les abeilles (Abeille)	72.8%

2.3.8.7. Pesticide reconditionné

Les résultats du questionnaire révèlent que 54% des agriculteurs ont déclaré acheter des pesticides reconditionnés, tandis que 46% préfèrent ne pas se procurer ce type de produits. Cette répartition montre une certaine acceptation du reconditionnement des pesticides parmi une majorité d'agriculteurs, peut-être liée à des considérations économiques ou d'accessibilité. En revanche, une part importante des agriculteurs reste réticente, probablement en raison de préoccupations concernant la qualité, l'efficacité ou la sécurité des pesticides reconditionnés (**Photo 7**).



Photo 7. Utilisation et achat des pesticides reconditionnés (A,B,C)

2.3.8.8. Facteurs influençant le recours aux pesticides

Selon les réponses des agriculteurs interrogés, la principale cause de la propagation des pesticides est l'augmentation importante des maladies et des ravageurs affectant les cultures (100%). Cette pression élevée exercée par les agents pathogènes oblige les producteurs à recourir massivement aux pesticides pour protéger leurs récoltes. Contrairement aux idées reçues, des facteurs tels que le prix abordable, la facilité d'accès ou la simplicité d'utilisation des pesticides ne sont pas les principaux moteurs de leur large diffusion. Il ressort ainsi que le besoin urgent de contrôler la prolifération des maladies est le facteur déterminant poussant à l'usage intensif des produits phytosanitaires dans le secteur agricole.

2.3.8.9. Sources d'information sur l'utilisation des pesticides

La figure 32 met en évidence une nette variation dans la fréquence à laquelle les agriculteurs recourent à différentes sources d'information concernant l'utilisation des pesticides agricoles. Il apparaît que les vendeurs constituent la source la plus sollicitée, puisque 94,9 % des agriculteurs déclarent s'adresser à eux toujours, contre une proportion très faible qui ne les consulte jamais. À l'inverse, la majorité des agriculteurs ne profitent jamais des émissions télévisées (96,3 %), des bulletins du Ministère de l'Agriculture¹ (96,3 %) ou des livres (98,6 %) comme sources d'information, affirmant qu'ils n'y recourent pas du tout. Quant au voisinage et aux émissions radio, ils sont sollicités parfois, respectivement par 62,5 % et 27,9 % des répondants. L'Internet présente une utilisation relativement équilibrée, avec 38,2 % qui l'utilisent toujours et 30,9 % parfois. Les expositions agricoles figurent parmi les sources les moins sollicitées, 80,2 % des agriculteurs déclarant ne jamais y recourir. Ces résultats traduisent une forte dépendance à l'égard des vendeurs comme principale source

d'information, au détriment des sources officielles ou scientifiques, ce qui souligne la nécessité de renforcer le rôle du conseil agricole et des médias spécialisés dans la sensibilisation des agriculteurs.

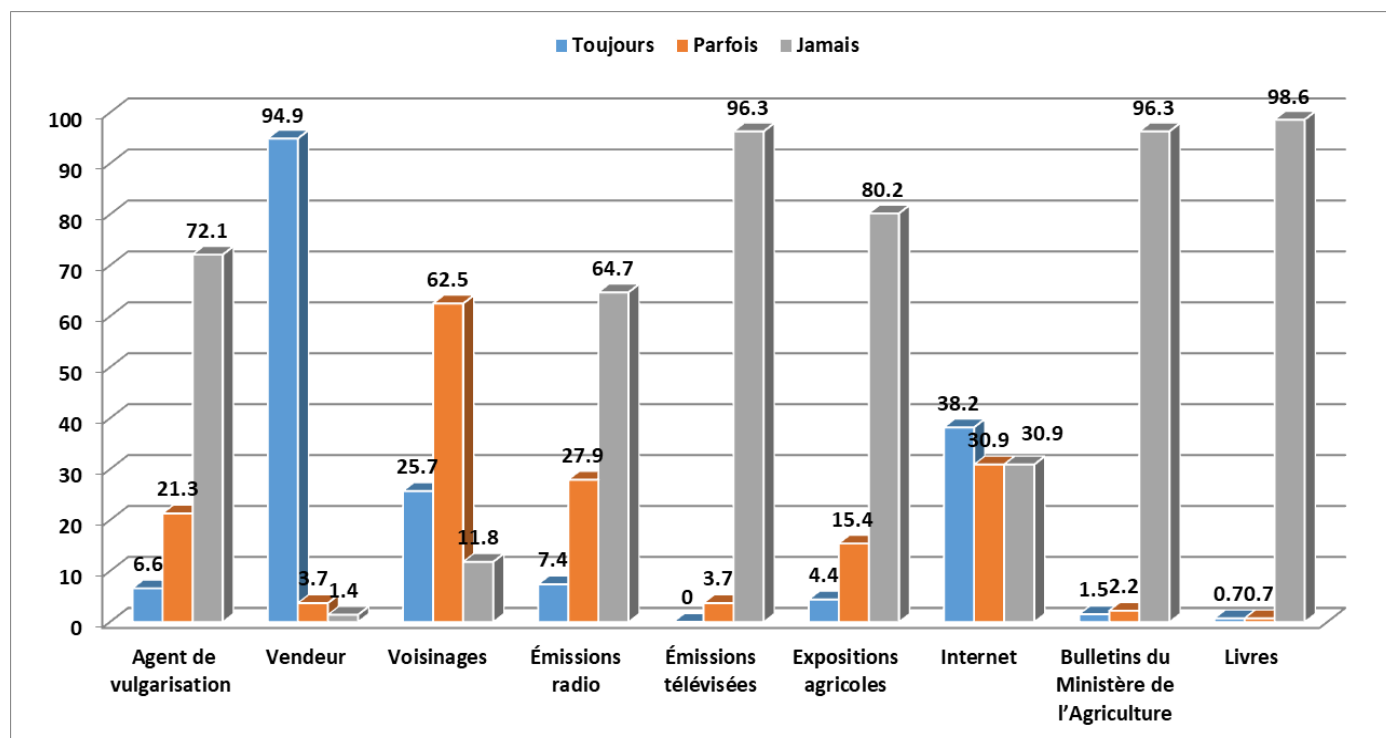


Figure 32. Sources d'information

2.3.8.10. Respect des bonnes pratiques lors de l'utilisation des pesticides

Les résultats révèlent des variations importantes dans l'adoption des bonnes pratiques par les agriculteurs lors de l'utilisation des pesticides. Le calcul de la quantité nécessaire pour la pulvérisation constitue la pratique la plus respectée, avec 95,6% des agriculteurs qui s'y conforment toujours. La vérification de la date de validité présente également un niveau d'adhésion élevé, avec 80,9% d'agriculteurs qui la pratiquent systématiquement (**Figure 33**).

Concernant la lecture de la notice avant utilisation, 57,4% des agriculteurs ne la consultent jamais, tandis que 12,5% la lisent toujours et 30,1% parfois. Le dépistage des échantillons d'insectes et de maladies avant l'application représente la pratique la moins respectée, avec 90,4% des agriculteurs qui ne l'effectuent jamais, 8,8% parfois et seulement 0,7% qui s'y conforment systématiquement.

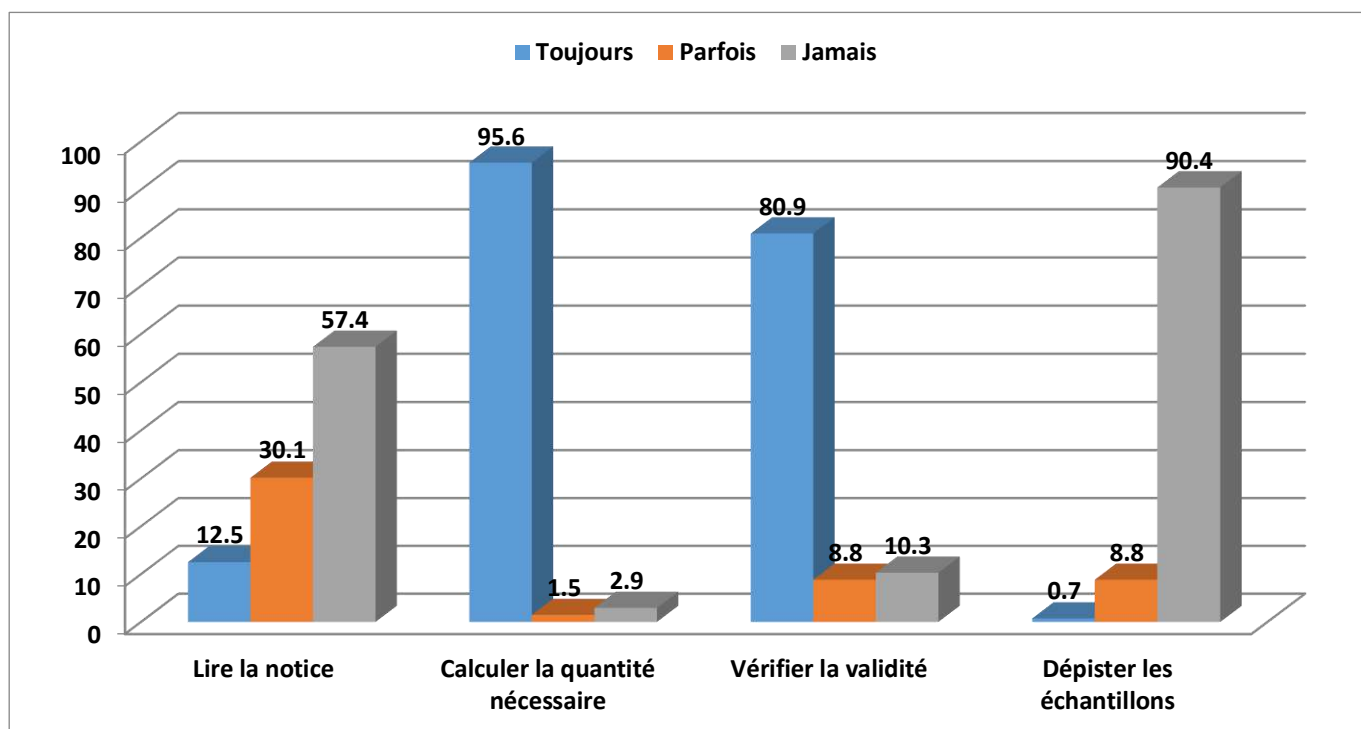


Figure 33. Pratiques des agriculteurs lors de l'utilisation des pesticides

2.3.8.11. Niveau de respect des mesures de protection individuelle

L'analyse des données révèle que la majorité des agriculteurs ne portent pas de vêtements de protection, de masque facial ou de lunettes de protection lors de l'utilisation des pesticides (les taux « Jamais » dépassent 65 %) (**Figure 34**). En revanche, l'utilisation d'outils de mélange spécifiques (98,5 %), le nettoyage du pulvérisateur (80,9 %) et la prise d'une douche après la pulvérisation (78,7 %) enregistrent des taux d'adhésion très élevés. L'utilisation du cache-nez est répartie de manière équilibrée entre « Toujours » (44,1 %) et « Parfois » (49,3 %).

Ces résultats révèlent une attention accrue aux mesures d'hygiène après la pulvérisation, mais une faible observance des équipements de protection pendant l'application des pesticides.

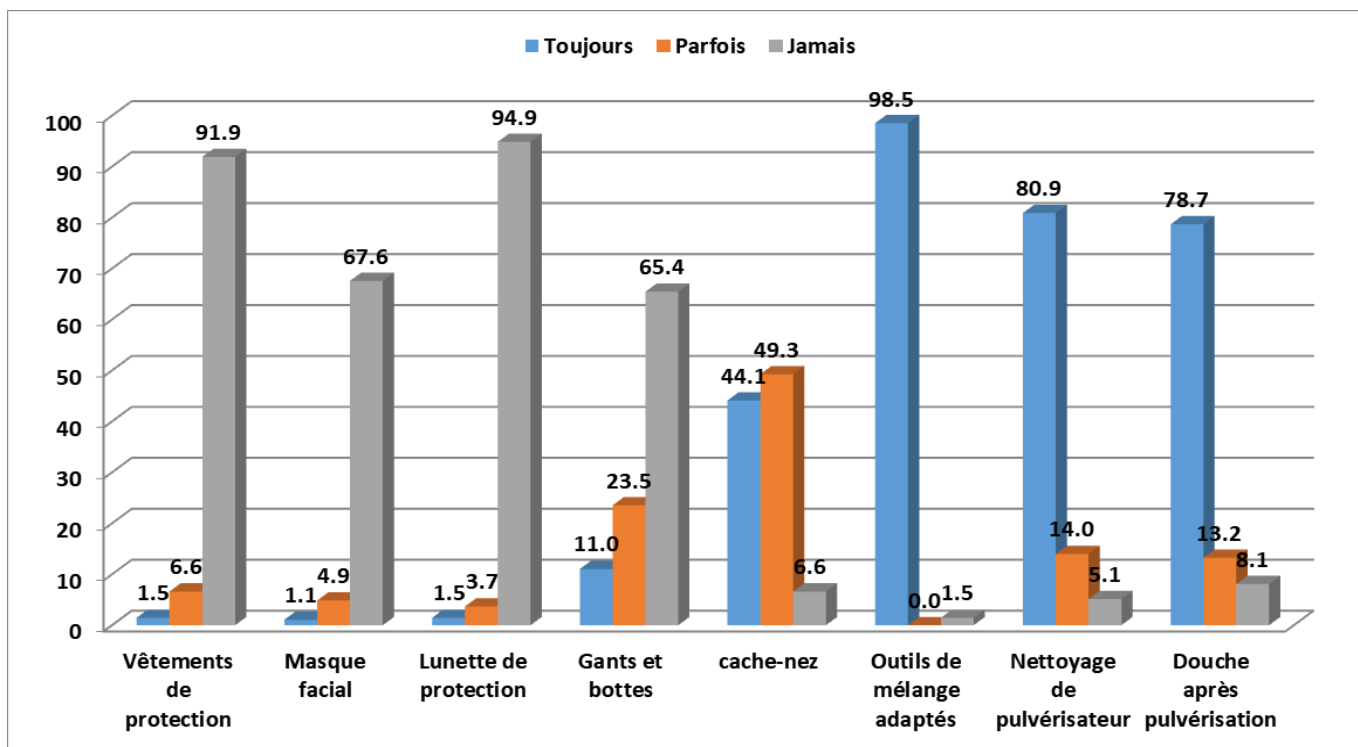


Figure 34. Pratiques de sécurité lors de la manipulation des pesticides

2.3.8.12. Méthodes de gestion des emballages vides de pesticides

L'analyse des données révèle une hétérogénéité marquée (**Figure 35**) dans les pratiques de gestion des emballages vides de pesticides adoptées par les agriculteurs. L'abandon à côté des champs constitue la méthode prédominante, pratiquée par 72,8% des agriculteurs interrogés, contre 27,2% qui ne l'adoptent pas. L'incinération occupe la deuxième position avec 35,3% d'adhésion, tandis que 64,7% des participants n'y ont pas recours. La vente des emballages vides demeure marginale, ne concernant que 4,4% des agriculteurs, la grande majorité (95,6%) n'utilisant pas cette option (**Photo 8**). L'enfouissement représente la pratique la moins répandue, avec seulement 2,2% des agriculteurs qui s'y conforment, contre 97,8% qui l'évitent.

Ces résultats mettent en évidence la prédominance de l'abandon à côté des champs comme pratique dominante, soulignant la nécessité d'évaluer les implications environnementales et sanitaires de ces différentes méthodes de gestion des déchets phytosanitaires.

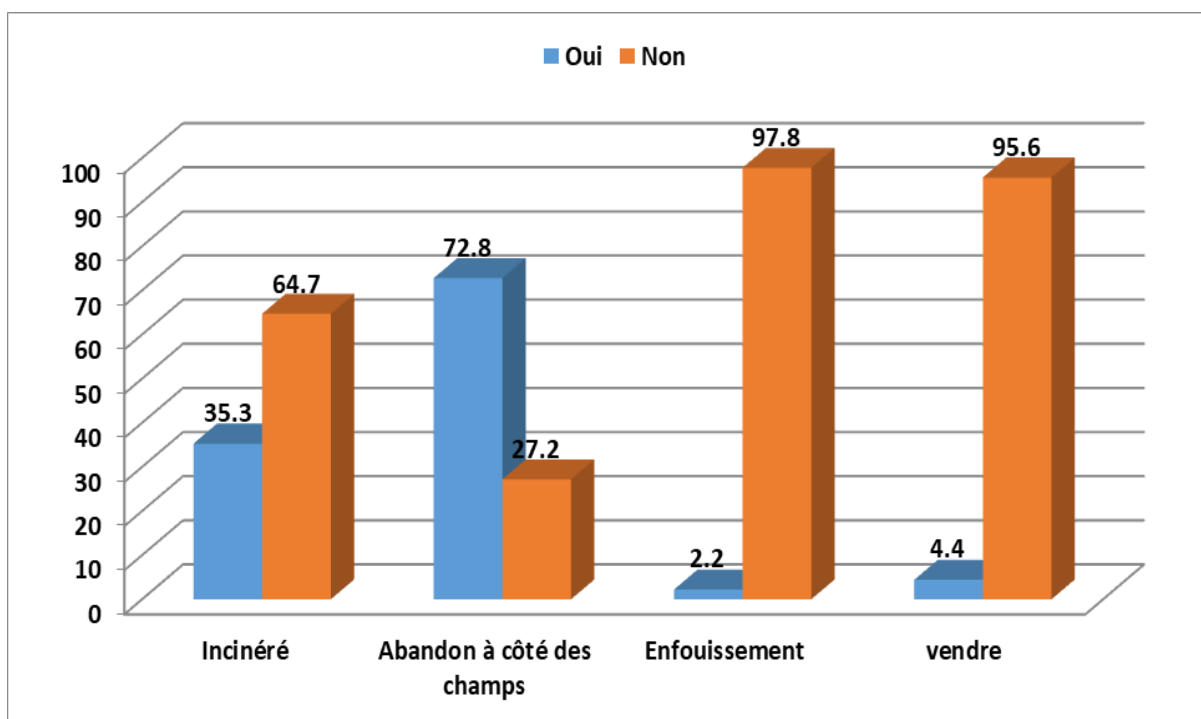


Figure 35. Gestion des emballages vides



Photo 8. Modes de gestion des emballages vides (A :Incinéré; B :Abandonné ;C :vendre)

2.3.8.13. Stratégies de gestion des produits périmés

Les résultats révèlent que 66% des participants adoptent une stratégie d'achat selon les besoins comme moyen de gérer le problème des produits périmés ou dépourvus d'étiquetage. En revanche, 26% de l'échantillon ont recours à l'abandon de ces produits comme méthode d'élimination, tandis que seulement 8% procèdent à la réutilisation de ces produits (**Figure 36**). Cette répartition proportionnelle reflète une différence marquée dans les comportements

face à la gestion des produits non conformes aux normes ou périmés, avec une prédominance claire de l'approche préventive par l'achat réfléchi selon les besoins réels.

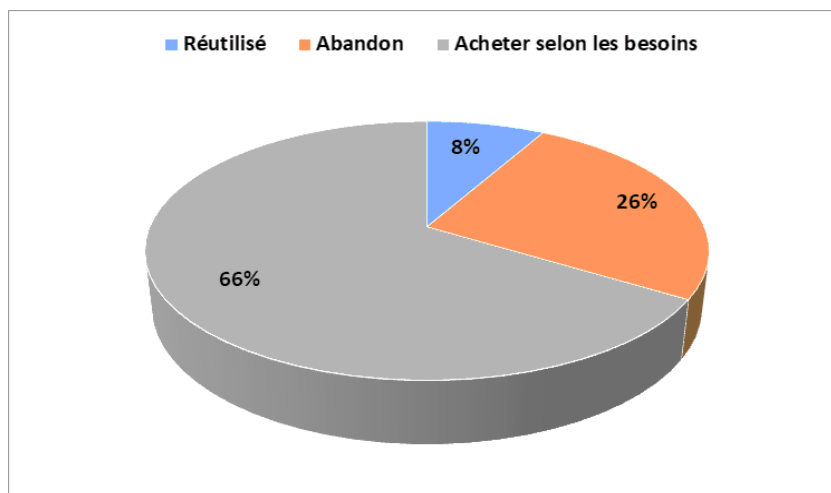


Figure 36. Gestion de produit périmé

2.3.8.14. État des lieux du stockage des pesticides

L'observation du terrain révèle l'absence de structures dédiées et conformes pour le stockage des pesticides chez la majorité des agriculteurs. En pratique, les produits phytosanitaires sont souvent entreposés dans des dépôts généraux qui ne respectent pas les conditions idéales de conservation, telles que la ventilation, la protection contre l'humidité, la température contrôlée et la séparation des autres produits agricoles (**Photo 9**).

Dans certains cas, les pesticides sont même stockés à l'extérieur, sous des arbres, exposés aux variations climatiques et à l'humidité, ce qui augmente les risques de dégradation des produits, de contamination de l'environnement et d'accidents pour les personnes et les animaux. Cette situation met en évidence un manque d'infrastructures adaptées et de sensibilisation aux exigences de sécurité liées à la gestion des produits phytosanitaires.



Photo 9. Conditions de stockage

2.3.8.15. Pratiques alimentaires et tabagiques lors de la pulvérisation

L'analyse des données révèle que 95 % des agriculteurs s'abstiennent de manger ou de fumer durant la pulvérisation des pesticides, témoignant ainsi du respect d'une règle essentielle de sécurité visant à éviter toute ingestion ou inhalation accidentelle de substances toxiques.

En revanche, 5% des personnes interrogées avouent ne pas suivre cette précaution, ce qui souligne un risque potentiel d'exposition accrue aux produits phytosanitaires (**Figure 37**).

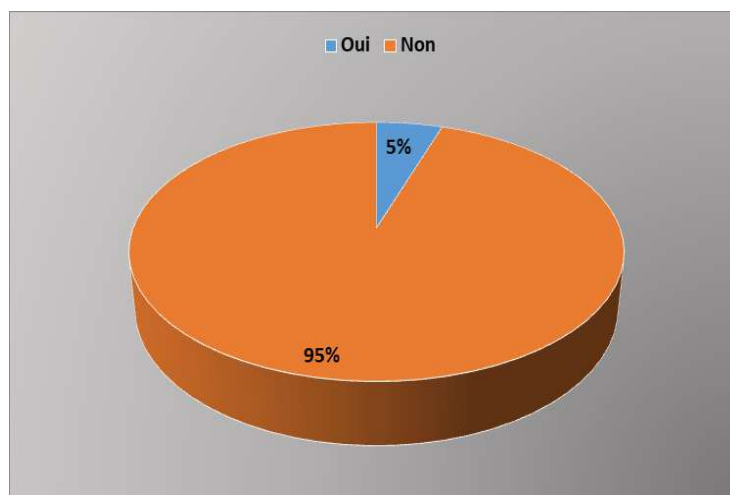


Figure 37. Comportements alimentaires et tabagiques

2.3.8.16. Opérateur de mélange et préparation des pesticides

Les données recueillies indiquent que 79% des exploitants interrogés assurent eux-mêmes la préparation des produits phytosanitaires, tandis que 16% confient cette tâche à la main-d'oeuvre salariée (**Figure 38**). Dans 5% des exploitations, la préparation est effectuée

indifféremment par l'un ou l'autre. Cette répartition met en évidence une implication directe majeure des exploitants dans la gestion des traitements, traduisant soit une volonté de maîtriser la qualité des interventions, soit une confiance limitée envers les ouvriers sur le terrain.

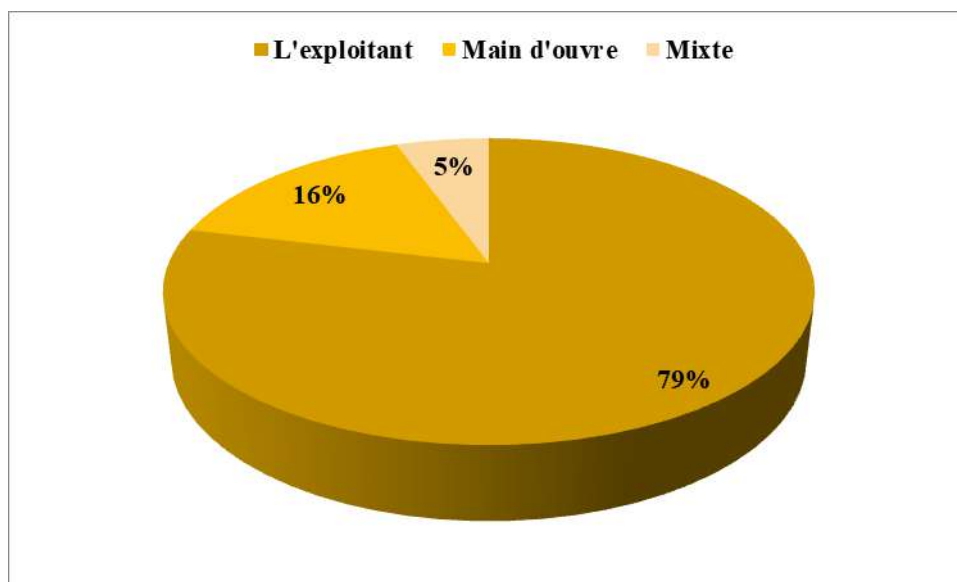


Figure 38. Préparation des pesticides

2.3.8.17. Classification des agriculteurs

L'objectif de cette section est de classer les agriculteurs de la zone d'étude selon leurs profils de connaissances et de comportements de sécurité relatifs à l'utilisation des pesticides. Cette typologie vise à mieux comprendre la diversité des pratiques phytosanitaires et à identifier les groupes cibles pour les actions de formation et de sensibilisation.

Une analyse de classification (analyse de clusters) a été réalisée à partir des variables suivantes :

- Connaissance des dégâts causés par les ravageurs
- Connaissance des méthodes de lutte
- Connaissance du nom du pesticide
- Connaissance de la matière active
- Respect du délai avant récolte
- Respect de la dose recommandée
- Lecture de la notice
- Port d'équipements de protection individuelle (EPI)
- Masque facial

- Gants et chaussures
- Outils de mélange spécifiques
- Nettoyage du pulvérisateur
- Douche après pulvérisation

L'analyse a permis d'identifier trois groupes principaux d'agriculteurs :

Groupe 1 : Niveau de connaissance et d'engagement le plus élevé (lecture de la notice, connaissance du nom du pesticide et de la matière active, port des équipements de protection).

Groupe 0 : Niveau moyen de connaissances et de pratiques.

Groupe 2 : Niveau de connaissances et de pratiques le plus faible, en particulier concernant le respect de la dose et la lecture de la notice

Le graphique montre que le groupe 1 présente les scores les plus élevés sur presque tous les critères, traduisant un engagement fort dans les bonnes pratiques phytosanitaires. Le groupe 0 se situe à un niveau intermédiaire, tandis que le groupe 2 affiche les scores les plus faibles, notamment pour la lecture de la notice et le respect de la dose (**Figure 39**).

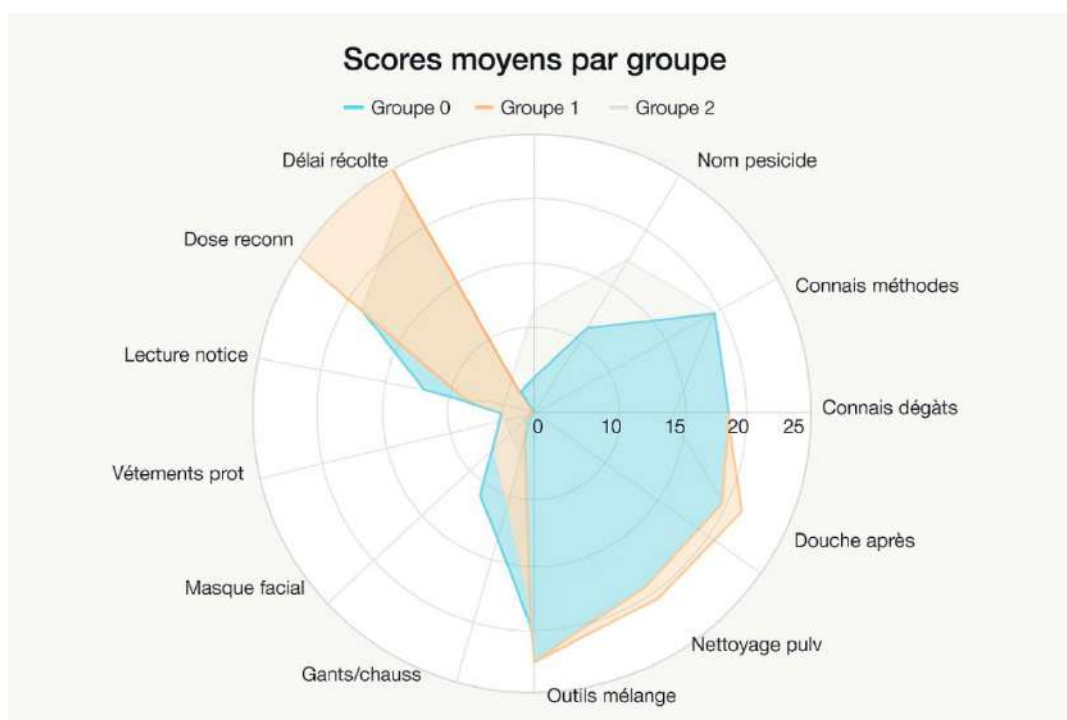


Figure 39. Graphique radar comparant les trois groupes d'agriculteurs

2.4 Savoir-faire paysan

2.4.1 Techniques de gestion durable de la fertilité des sols

L'analyse des pratiques agroécologiques de gestion des sols met en évidence des différences marquées dans l'adoption des différentes techniques par les agriculteurs enquêtés (**Figure 40**). La jachère est largement pratiquée, avec 85,3 % exploitants qui y ont recours contre 14,7 % qui ne la pratiquent pas. De même, la rotation des cultures est adoptée par 82,4 % agriculteurs, tandis que 17,6 % ne l'intègrent pas dans leur système de production. En revanche, le paillage plastique reste nettement moins répandu, seulement 30,2 % exploitants déclarant l'utiliser, contre 69,8 % qui ne l'appliquent pas (**Photo 10**).

Un test du chi-deux appliqué à ces données révèle une différence statistiquement significative entre les taux d'adoption des trois pratiques ($\chi^2 = 116,56$, ddl = 2, $p < 0,001$), avec un effet de taille (Cramer's V = 0,53) indiquant une disparité marquée. Ces résultats soulignent que les pratiques traditionnelles telles que la jachère et la rotation sont fortement intégrées dans les systèmes agricoles locaux, alors que les techniques plus récentes comme le paillage restent marginales. Cette situation met en évidence la nécessité de renforcer la sensibilisation et la formation des agriculteurs à l'égard des pratiques innovantes de gestion durable des sols.

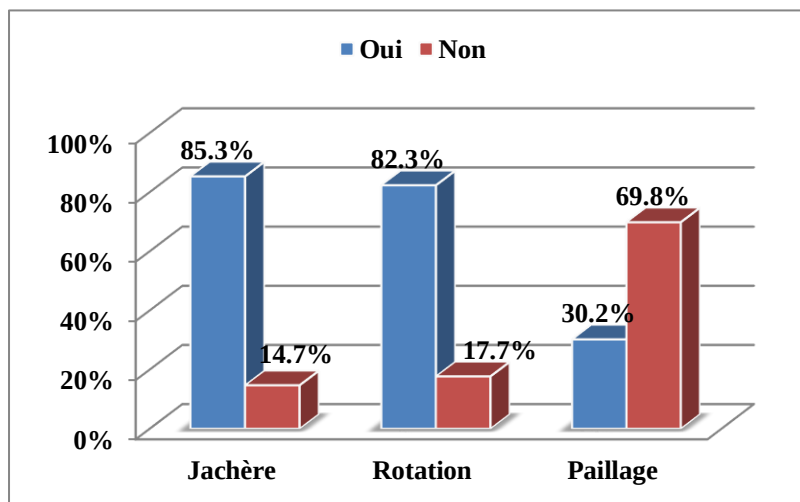


Figure 40. Pratiques agroécologiques de gestion des sols



Photo 10. Application du paillage pour la culture de tomate en plein champ

3.4.1.1 Systèmes de rotation culturale pratiqués

L'analyse des systèmes de rotation culturale révèle que la combinaison « pomme de terre / arachide » est la plus répandue parmi les agriculteurs enquêtés, suivie par la rotation « pomme de terre / céréale ». Les rotations impliquant les légumineuses et l'association oignon/ail sont moins fréquentes (**Figure 41**).

Ces résultats traduisent une préférence pour les systèmes intégrant la pomme de terre, tout en soulignant la diversité des pratiques de rotation adoptées pour optimiser la gestion de la fertilité des sols et la santé des cultures.

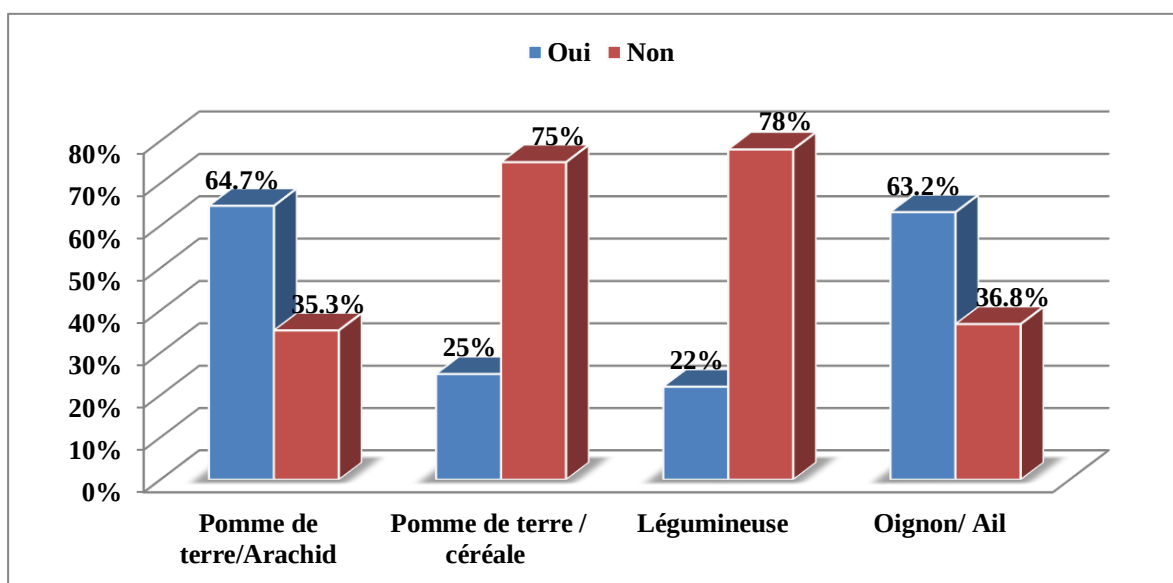


Figure 41. Différents types de rotation

2.4.2 Savoir-faire agricole lié à la protection des cultures

L'analyse menée dans le cadre de notre étude a révélé que les agriculteurs recourent à une large gamme de méthodes de protection, en complément de la lutte chimique classique, afin de limiter les attaques de ravageurs et d'optimiser la santé des cultures.

Parmi les principales stratégies identifiées :

2.4.2.1 Mesures végétales et biologiques

- **Introduction d'arbres de neem autour des parcelles**

L'introduction d'arbres de neem autour des parcelles par 1,5 % des agriculteurs enquêtés constitue une pratique agroécologique reconnue pour son effet répulsif naturel à l'encontre de nombreux insectes ravageurs. Cette approche contribue à une réduction durable de la pression parasitaire, tout en limitant le recours systématique aux insecticides de synthèse.

En effet, le neem (*Azadirachta indica*) est largement documenté dans la littérature scientifique pour ses propriétés insectifuges et insecticides naturelles, agissant aussi bien sur le comportement alimentaire des ravageurs que sur leur cycle de développement. Toutefois, la faible adoption de cette pratique dans la zone d'étude révèle une diffusion encore limitée des alternatives biologiques, ainsi que des contraintes liées au temps nécessaire à l'implantation des arbres et à l'adaptation de cette stratégie aux systèmes de cultures maraîchères intensives en milieu saharien. **(Photo 11).**



Photo 11. Arbre de neem

- **Barrières végétales telles que le jrid (palmes de palmier, A), l'orge (B) ou le sorgho (C) :**

Ces haies naturelles constituent un élément fonctionnel du système de production en jouant un rôle régulateur à l'échelle de la parcelle. Elles permettent d'atténuer l'impact des vents dominants, d'améliorer les conditions microclimatiques locales et de favoriser un environnement plus stable pour le développement des cultures. Par ailleurs, leur présence contribue à limiter indirectement la pression des bioagresseurs, renforçant ainsi la résilience des systèmes agricoles et participant à une réduction progressive du recours aux intrants phytosanitaires **(Photo 12).**



Photo12. Barrières végétales naturelles

- **Tabia : brise-vent traditionnel:**

Tous les agriculteurs 100% utilisent "la tabia" comme brise-vent traditionnelle dans leurs exploitations agricoles. Il s'agit de levées de sable, souvent aménagées en hauteur, au sommet desquelles les agriculteurs ajoutent une rangée de palmes "Jride ". Cette technique permet de protéger les cultures des effets desséchants et érosifs du vent, tout en utilisant des matériaux

locaux et adaptés au climat désertique. Cette pratique, répandue dans les oasis du Souf, illustre l'ingéniosité des agriculteurs face aux contraintes du milieu saharien et constitue un élément clé de l'identité agricole locale (**Photo 13**).



Photo13. Tabia

2.4.2.2 Techniques de protection physique

- **Installation de moustiquaires aux serres :**

Les résultats de l'enquête indiquent que 2,9 % des agriculteurs installent des moustiquaires. Celles-ci permettent de réduire significativement l'intrusion des insectes à l'intérieur des structures de culture protégée (**Photo 14**).

Ces moustiquaires, conçues en matériaux résistants comme le polyéthylène haute densité avec des mailles fines, agissent comme une barrière physique efficace qui empêche le passage des insectes nuisibles tout en permettant une bonne circulation de l'air et de la lumière. Grâce à cette protection, les cultures bénéficient d'un environnement plus sain, moins exposé aux maladies vectrices d'insectes, ce qui favorise un meilleur développement des plantes et une réduction de l'utilisation des pesticides chimiques.

De plus, les moustiquaires contribuent à protéger les cultures contre d'autres nuisances telles que les oiseaux et les débris transportés par le vent, renforçant ainsi la sécurité et la qualité de la production sous serre. Ce dispositif est désormais un standard dans la gestion intégrée des cultures en serre, combinant efficacité et respect de l'environnement.



Photo 14. Moustiquaires

- **Utilisation de bandes adhésives jaunes à l'intérieur des serres :**

Selon les résultats de l'enquête, 2,2 % des agriculteurs utilisent ce type de dispositif. Ils servent de pièges attractifs pour les insectes volants, contribuant ainsi à la réduction de leur population dans les structures de culture protégée (**Photo 15**). Ces bandes, recouvertes d'une substance collante non toxique, attirent les insectes grâce à leur couleur jaune particulièrement attractive pour de nombreuses espèces telles que les aleurodes, les pucerons, les thrips, ainsi

que diverses mouches mineuses. Une fois attirés, les insectes se retrouvent piégés sur la surface adhésive, ce qui empêche leur reproduction et diminue leur prolifération. Cette technique permet non seulement de protéger les cultures en limitant les dommages causés, mais elle offre également un outil de surveillance des niveaux d'infestation, permettant aux agriculteurs d'adapter leurs stratégies de lutte intégrée.



Figure 15. Pièges adhésifs jaunes

- **Couverture des plantes avec un film plastique :**

Largement employée pour la culture de la tomate et du poivron en plein champ, cette méthode est adoptée par 11,8 % des agriculteurs enquêtés. Elle crée une barrière physique contre le froid et protège efficacement les cultures sensibles lors des nuits les plus froides (**Photo 16**).



Photo 16. Films plastiques

2.4.2.3 Méthodes thermiques et environnementales

- **Combustion contrôlée de résidus d'huile d'olive :**

Le brûlage de certains matériaux pour éloigner les insectes, notamment lors des périodes de forte pression parasitaire (**Photo 17**), est pratiqué par 1,5 % des agriculteurs enquêtés.

Il est important de préciser que la matière principalement employée à cet effet est constituée de résidus issus de l'extraction de l'huile d'olive, récupérés directement auprès des usines de trituration.

L'utilisation de ces sous-produits agricoles permet non seulement de valoriser des déchets organiques, mais aussi de générer une fumée dense agissant comme répulsif naturel contre de nombreux ravageurs, tout en limitant le recours aux traitements chimiques.



Photo 17. Brûlage contrôlé

- **Brûlage contrôlé à proximité des cultures lors des épisodes de gel :**

Le brûlage contrôlé à proximité des cultures, notamment près des abris ou des serres, est pratiqué par 95,5 % des agriculteurs enquêtés.

Cette technique est utilisée lors des épisodes de gel afin d'augmenter la température ambiante et de limiter les effets du froid sur les tubercules de pomme de terre.

- **Irrigation tardive en fin de journée :**

Pratiquée en fin de journée, cette méthode est utilisée par 36,8 % des agriculteurs enquêtés.

Elle permet de maintenir une température plus élevée autour des plants de pomme de terre pendant la nuit, réduisant ainsi les risques de dommages causés par le froid.

2.4.2.4 Techniques de maintenance et d'hygiène agricole

- **Systèmes ingénieux de préparation des produits phytosanitaires**

la solution est préparée dans une cuve en plastique, souvent récupérée et adaptée par les agriculteurs, puis reliée à un système de distribution constitué de tuyaux et d'accessoires rudimentaires, mais efficaces. Ce dispositif, conçu avec les moyens disponibles sur place, illustre parfaitement la capacité des exploitants à faire preuve d'ingéniosité et d'innovation face aux contraintes du milieu désertique, notamment la chaleur excessive, le manque d'eau et la limitation des ressources techniques. **la photo 18** présente un poste dédié à la préparation et au mélange des produits phytosanitaires dans un environnement agricole saharien. Grâce à cette organisation, les agriculteurs parviennent à assurer une préparation plus homogène des produits phytosanitaires et une meilleure maîtrise du dosage, tout en minimisant les pertes lors du transfert des solutions vers les pulvérisateurs. Ce système contribue en outre à renforcer la sécurité des opérations, en réduisant le contact direct avec les produits chimiques, et s'inscrit dans une démarche d'optimisation des pratiques agricoles pour une gestion plus rationnelle et durable des traitements phytosanitaires.



SAIGHI.,2022



SAIGHI.,2022

Photo 18. Dispositif local de préparation de la solution phytosanitaire

- **Désherbage manuel :**

L'arrachage manuel des mauvaises herbes, pratiqué par 100 % des agriculteurs enquêtés, consiste à éliminer les adventices à la main ou à l'aide d'outils simples.

Cette pratique, bien que traditionnelle, présente de nombreux avantages : elle limite le recours aux produits chimiques, favorisant ainsi une gestion plus écologique et durable des cultures ; elle contribue à la préservation de la biodiversité du sol tout en réduisant les risques de

pollution ; enfin, elle assure un contrôle précis des mauvaises herbes, ciblant uniquement les plantes indésirables sans affecter les cultures principales.

- **Utilisation de machines d'aspiration de la poussière dans les serres plastiques**

Dans les serres plastiques, l'utilisation de machines d'aspiration de poussière lors de vents violents constitue une méthode efficace pour maintenir un environnement propre et sain. Selon les résultats de l'enquête, 2,2 % des agriculteurs enquêtés ont recours à cette pratique.

Ces équipements permettent de capter et de réduire la dispersion des particules fines portées par le vent, évitant ainsi que la poussière ne se dépose sur les feuilles des plantes.

Ce processus de dépoussiérage limite la prolifération des parasites qui se développent souvent sur les dépôts de poussière, contribuant ainsi à protéger les cultures contre les maladies. L'emploi d'aspirateurs industriels, dotés de filtres performants, assure une collecte optimale des particules et prévient leur remise en suspension dans l'air.

Grâce à ces systèmes, les serres plastiques bénéficient d'une meilleure qualité d'air et d'une protection accrue des plantes, favorisant ainsi leur croissance et leur productivité.

- **Nettoyage des palmes de dattiers avec une solution d'eau, de savon et de sel :**

Le nettoyage des palmes à l'aide d'une solution d'eau mélangée à du savon liquide constitue une pratique adoptée par 10,3 % des agriculteurs enquêtés. Cette opération permet d'éliminer les poussières, les impuretés ainsi que certains insectes nuisibles présents sur les feuilles.

Elle contribue ainsi à réduire la pression parasitaire et à prévenir l'apparition de maladies fongiques ou bactériennes légères au niveau de la surface foliaire.

Cette diversité de pratiques illustre la capacité d'adaptation des agriculteurs du Souf, combinant des savoirs traditionnels et des innovations techniques pour renforcer la durabilité de leurs systèmes de production et réduire la dépendance aux pesticides chimiques.

2.4.3 Système du ghout : un modèle de savoir-faire oasien

Le ghout constitue l'une des formes les plus emblématiques du savoir-faire agricole traditionnel dans la région d'El-Oued. Ce système ingénieux permettait la culture du palmier dattier dans des cuvettes creusées dans le sable, atteignant la nappe phréatique, assurant ainsi une irrigation naturelle par capillarité. Il témoigne d'une adaptation remarquable des communautés oasiennes aux conditions arides, fondée sur une connaissance fine du sol et de l'eau.

Les résultats des enquêtes révèlent que 7,3 % des exploitations enquêtées correspondent encore à des systèmes traditionnels de type ghout. Toutefois, selon nos observations, la palmeraie ghout de la région a progressivement perdu sa fonction initiale et sa rentabilité économique (**Photo 19**), devenant marginale face aux nouvelles exploitations de mise en valeur. Actuellement, la population locale manifeste un intérêt limité pour la réhabilitation et la valorisation de ce patrimoine agricole ancestral, pourtant emblématique du savoir-faire oasien.



Photo 19. Ghout abandonné

2.4.4 Diversification agricole et valorisation du savoir-faire local à travers la culture du qentous

La culture du qentous (*Anacyclus pyrethrum* L.), constitue une orientation agricole récente mais prometteuse dans la région saharienne. Selon les résultats de notre enquête, 2.9 % des agriculteurs enquêtés se sont engagés dans cette culture, traduisant une ouverture progressive vers des productions alternatives mieux adaptées aux conditions arides (**Photo 20**). Peu exigeante en eau et résistante aux températures élevées, la culture du qentous contribue à la diversification des systèmes de production et à la recherche de nouvelles filières à haute valeur ajoutée. À la fin de la saison, les femmes rurales, notamment les aînées, participent activement à la collecte des capsules sèches, souvent en échange d'une modeste rémunération ou pour un usage domestique, illustrant ainsi une implication croissante des femmes dans ces nouvelles dynamiques agricoles locales.

Cette initiative témoigne de l'adaptabilité et de l'esprit d'innovation des agriculteurs sahariens, orientés vers des pratiques plus durables et économiquement valorisantes.



Photo 20. Grain et Plant de gentous (*Anacyclus pyrethrum* L.)

3. Conclusion

L'analyse des pratiques agricoles dans la région d'Oued Souf révèle un système maraîcher paradoxal : particulièrement dynamique, mais structurellement vulnérable aux contraintes agroclimatiques, phytosanitaires et socio-économiques. Au cœur de ce dispositif, l'agriculteur privilégie une utilisation intensive des intrants chimiques, et singulièrement des pesticides, perçus comme le levier principal de sécurisation des rendements face à la pression des bioagresseurs dans un écosystème saharien fragile.

Le profil des exploitants interrogés montre une population relativement jeune, mais marquée par une forte hétérogénéité en termes d'expérience et de formation. Cette diversité engendre des pratiques phytosanitaires souvent empiriques, dictées par des impératifs économiques et une dépendance accrue envers les conseils des distributeurs de produits. Le déficit de formation technique et d'encadrement par les services de vulgarisation limite considérablement l'adoption de bonnes pratiques, qu'il s'agisse du respect des doses, du calendrier des applications ou de l'usage d'équipements de protection individuelle (EPI).

L'absence de filières structurées pour la gestion des déchets (notamment les emballages vides) et le maintien de comportements à risque aggravent la pression sur le milieu naturel. Ces carences constituent un facteur de pollution directe pour les sols et les ressources hydriques, tout en exposant les agriculteurs et les populations locales à des risques sanitaires majeurs.

Malgré ce constat, l'étude identifie des signaux encourageants de changement. L'émergence, certes marginale, de méthodes alternatives telles que la Lutte Intégrée (IPM) ou l'utilisation

de biopesticides (neem) témoigne d'une prise de conscience des limites du modèle conventionnel. Ces initiatives révèlent un potentiel de transition vers des systèmes de production plus résilients et adaptés aux spécificités sahariennes.

En conclusion, la durabilité du maraîchage à Oued Souf exige une approche multidimensionnelle :

- Le renforcement des capacités via des programmes de formation ciblés.
- L'accès à une expertise indépendante pour réduire la dépendance commerciale.
- La structuration d'une gestion circulaire des déchets phytosanitaires.

La convergence entre innovations techniques et savoir-faire locaux apparaît ainsi comme le levier stratégique indispensable pour concilier productivité agricole, santé publique et préservation de l'environnement.

CHAPITRE II :

Rôle des Vendeurs de Pesticides et Enjeux Phytoprotecteurs

1. Introduction :

Les pesticides jouent un rôle central dans la production agricole moderne, permettant de protéger les cultures contre de nombreux ravageurs et maladies. Derrière leur utilisation, les vendeurs de pesticides occupent une place clé en tant qu'intermédiaires entre les fabricants et les agriculteurs. Leur activité n'est toutefois pas exempte de défis : ils doivent composer avec des réglementations strictes, assurer la sécurité des produits qu'ils proposent et informer correctement les utilisateurs.

Ce chapitre se penche sur les pratiques de vente des pesticides, la nature des relations entre vendeurs et agriculteurs, ainsi que sur les principaux obstacles rencontrés sur le terrain, afin de mieux comprendre les enjeux et dégager des pistes d'amélioration dans ce secteur crucial.

2. Résultats

2.1 Profil socio-démographique des vendeurs de pesticides

2.1.1 Age de vendeurs

L'analyse de résultats d'enquête met en lumière la structure d'âge des vendeurs dans le secteur des pesticides agricoles, où la présence des jeunes est particulièrement marquée sur le marché du travail (**Figure 42**). Les statistiques descriptives indiquent que la moyenne d'âge des vendeurs est de 32.86 ans, avec un écart-type (SD) de 8.52 et un âge compris entre 19 et 56 ans.

La répartition des âges révèle une dynamique qui témoigne de l'implication croissante des nouvelles générations dans l'activité commerciale liée aux pesticides, tandis que la présence des tranches d'âge supérieures reste très limitée. Cette réalité pourrait favoriser l'adoption de méthodes innovantes de commercialisation et l'appropriation des avancées technologiques, confirmant le dynamisme du secteur et sa capacité à se renouveler pour répondre aux exigences du développement agricole.

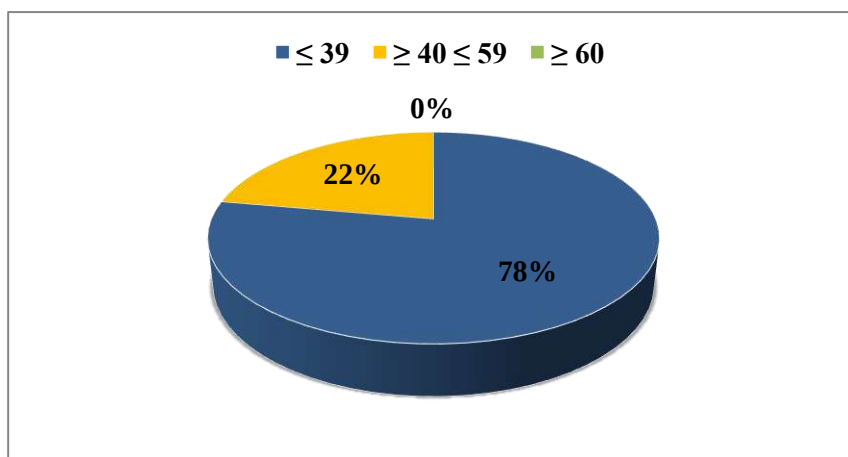


Figure 42. Age des vendeurs

3.1.2 Niveau d'instruction

Les données concernant le niveau d'instruction de l'échantillon étudié montrent que la grande majorité des participants (75%) possèdent un niveau universitaire, ce qui reflète une forte représentation de la catégorie hautement instruite parmi les membres de l'échantillon. En revanche, les participants ayant un niveau moyen représentent 14%, tandis que ceux ayant un niveau secondaire constituent 11% (**Figure 43**). Cette répartition révèle une diversité claire des niveaux d'instruction au sein de l'échantillon, ce qui est un indicateur important susceptible d'influencer les comportements et les connaissances des participants, notamment en ce qui concerne les pratiques professionnelles et la gestion des produits agricoles. La forte proportion de niveau universitaire peut indiquer un niveau élevé de conscience et de savoir technique parmi les participants, ce qui constitue un élément positif dans le contexte de l'étude et facilite l'orientation des recommandations de développement basées sur l'exploitation des capacités éducatives disponibles.

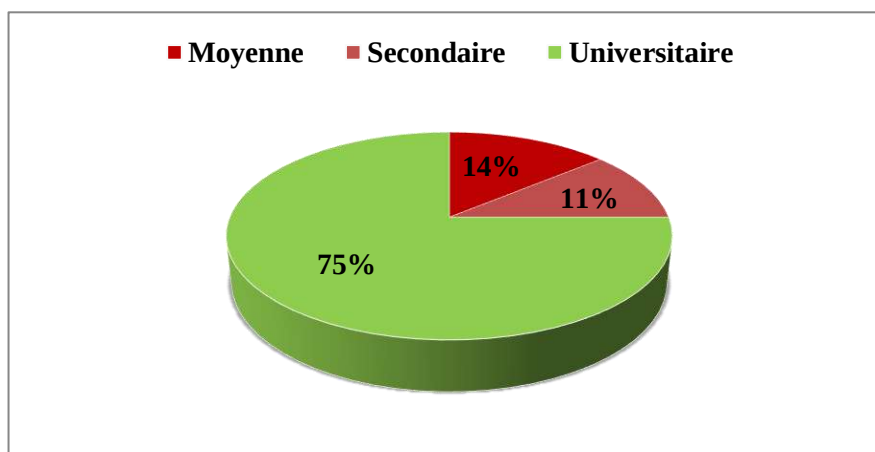


Figure 43: Niveau d'instruction

2.1.3 Expérience commerciale

À la lumière des résultats de l'étude, les données montrent que la majorité des vendeurs possèdent une expérience inférieure à dix ans dans le domaine du commerce agricole, représentant ainsi 78% de l'ensemble des participants. De plus, 19% des vendeurs ont une expérience comprise entre 11 et 20 ans, tandis que la proportion de ceux ayant plus de 21 ans d'expérience reste faible à 3% (**Figure 44**).

Cette structure met en évidence une concentration de l'expérience professionnelle parmi les catégories les plus récentes, ce qui pourrait se refléter sur le niveau d'ouverture aux nouveautés et évolutions du secteur, tout en soulignant l'importance des programmes de formation continue visant à renforcer les compétences des vendeurs sur le marché des pesticides agricoles.

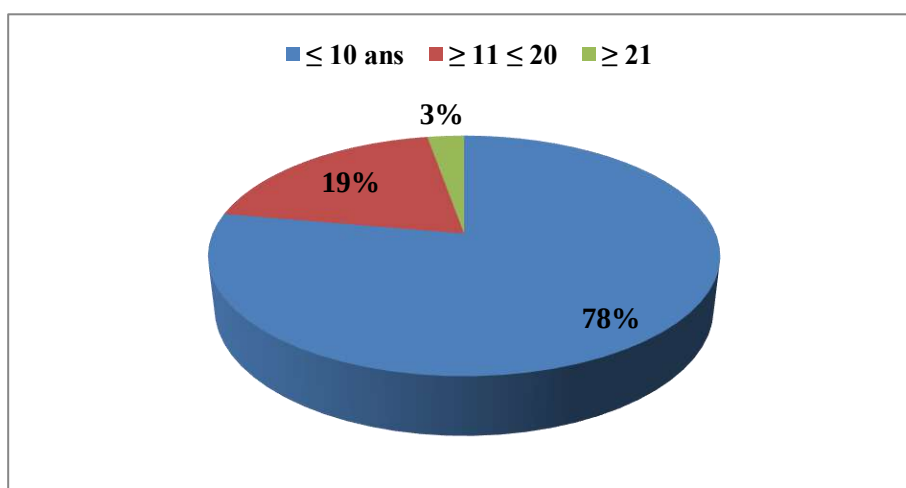


Figure 44: Expérience

2.1.4 Niveau de formation agricole

Les résultats de cette étude mettent en exergue une forte prévalence de la formation agricole chez les vendeurs du secteur. Ils révèlent toutefois une distinction nette entre les acteurs ayant bénéficié d'un cursus spécialisé et ceux exerçant sans qualification académique formelle (**Figure 45**). Cette situation témoigne d'une professionnalisation réelle du marché, tout en soulignant la persistance d'une proportion non négligeable de vendeurs sans formation spécifique, induisant ainsi une disparité des connaissances techniques au sein de la profession.

Par ailleurs, l'examen des spécialités suivies par les vendeurs qualifiés met en lumière une diversité disciplinaire remarquable. Les domaines d'expertise couvrent des champs variés et stratégiques tels que la protection des végétaux, l'agronomie générale, la production végétale, ainsi que l'étude des écosystèmes désertiques et steppiques.

Cette pluralité des spécialisations constitue un levier majeur pour l'enrichissement des compétences locales. Elle favorise non seulement l'efficacité de l'activité commerciale, mais elle garantit également une meilleure qualité du conseil technique prodigué aux agriculteurs, soutenant ainsi une dynamique de développement agricole durable dans la région.

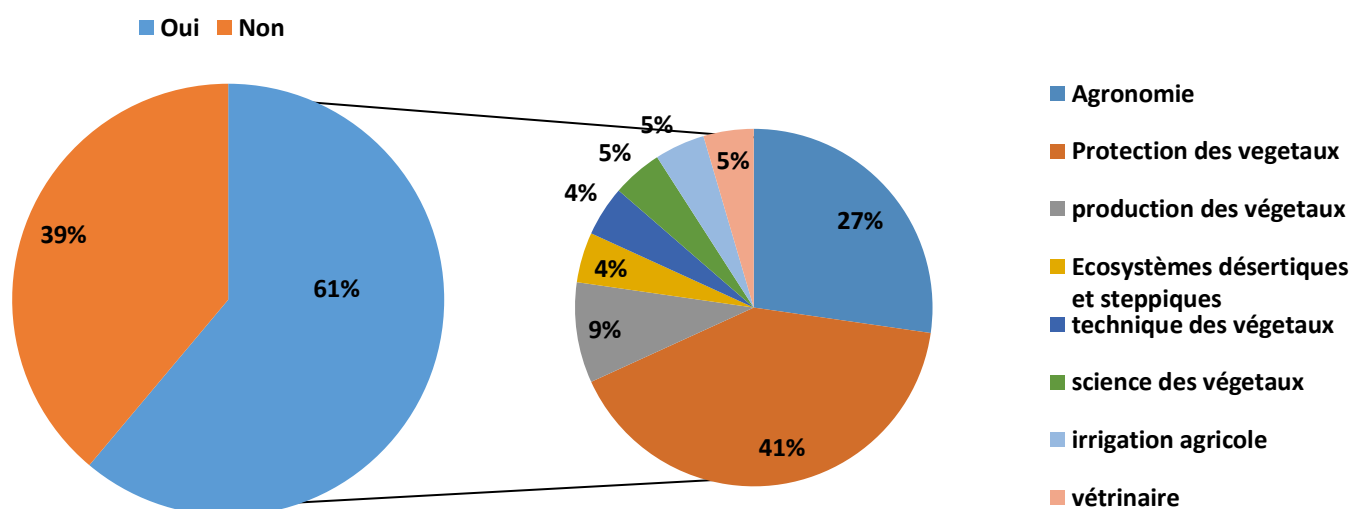


Figure 45. Formation agricole et diversité des spécialités

2.1.5 Formation professionnelle

Les résultats illustrés par la **figure 46** mettent en exergue une hétérogénéité parmi les vendeurs quant à leur participation à des formations professionnelles dédiées à l'usage et à la gestion des produits phytosanitaires. Si une fraction de l'échantillon a bénéficié d'un cursus spécialisé, une part non négligeable d'acteurs exerce encore sans avoir suivi de formation spécifique. Ce constat souligne l'impérieuse nécessité de renforcer les programmes de qualification continue, afin de consolider les compétences techniques et de garantir la généralisation des bonnes pratiques au sein de la filière agricole.

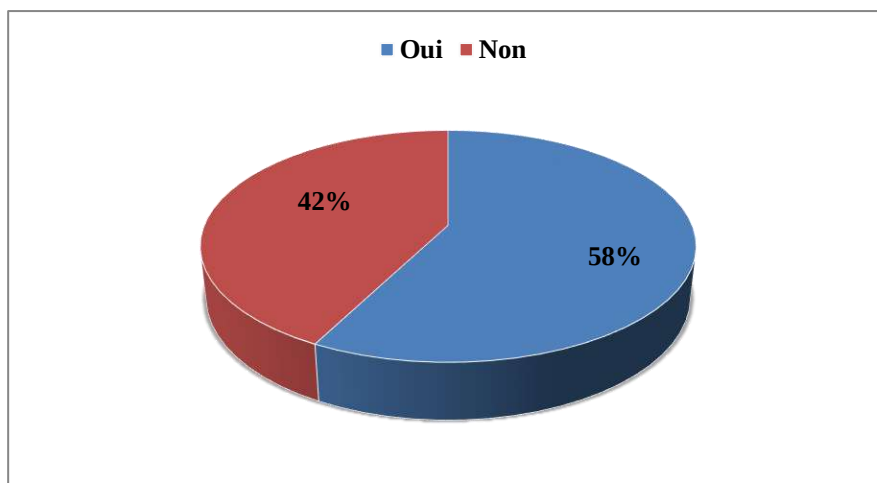


Figure 46: Participation à la formation sur les produits phytosanitaires

2.1.6 Analyse des relations fonctionnelles entre les vendeurs et la DSA.

Les résultats de l'étude, illustrés par la **figure 47**, indiquent que la majorité des vendeurs entretiennent une relation directe avec la Direction des Services Agricoles (DSA). À l'inverse, une proportion plus restreinte d'acteurs évolue sans contact ni interaction avec cet organisme institutionnel. Ce constat met en exergue le rôle pivot de la DSA dans la structuration et l'accompagnement des distributeurs, notamment à travers le contrôle de la qualité des produits et la diffusion de recommandations techniques.

L'enjeu de cette collaboration réside dans le renforcement du suivi réglementaire de la commercialisation des intrants. Une telle synergie influe positivement sur la fiabilité des pratiques professionnelles et contribue à prévenir le mésusage des produits phytosanitaires. En outre, la relation avec la DSA constitue un canal stratégique pour l'accès à l'information technique et la mise en conformité vis-à-vis des nouvelles réglementations, favorisant ainsi une modernisation sécurisée du marché agricole régional.

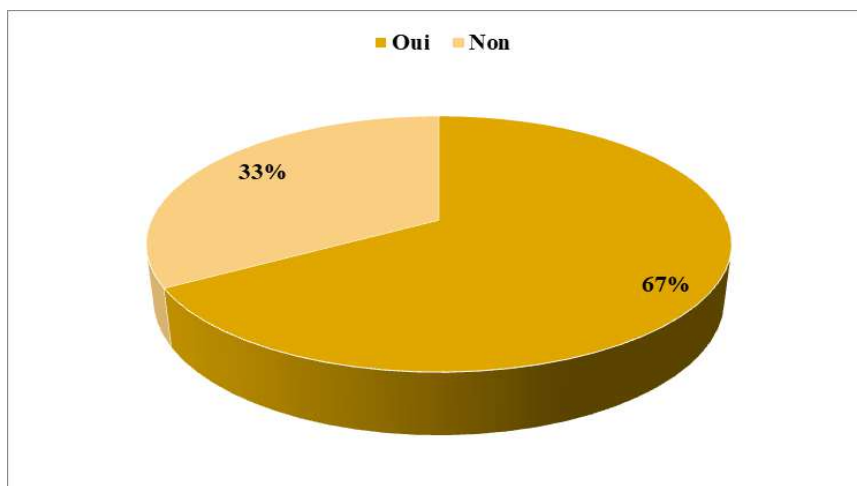


Figure 47. Vendeurs et la Direction des Services Agricoles (DSA)

2.2 Détails des produits et des ventes

2.2.1 Disponibilité des types de pesticides dans les points de vente

Les résultats de l'enquête ont montré que l'ensemble des personnes interrogées ont confirmé la disponibilité de tous les types de pesticides agricoles (insecticides, herbicides, fongicides, acaricides, nématicides), soit à un taux de 100% pour chaque catégorie. Cela indique que le marché des pesticides dans la région se caractérise par une couverture complète des différentes catégories nécessaires aux usages agricoles variés, reflétant ainsi la capacité des magasins à répondre à l'ensemble des besoins des agriculteurs. Toutefois, ce résultat suggère que le facteur de différenciation entre les magasins ne réside pas dans la disponibilité du produit, mais plutôt dans d'autres éléments tels que le volume des ventes, les critères de choix ou les sources d'information utilisées.

2.2.2 Sources d'information et critères de sélection de pesticides

L'analyse des critères de sélection des produits selon les trois sources de référence l'index, le revendeur et Internet met en évidence des différences marquées dans les modes d'utilisation de chaque source par les vendeurs. Les résultats indiquent que la majorité des participants ont tendance à se fier régulièrement à l'index de référence et aux revendeurs lors de leurs choix de produits : les réponses «Toujours » représentent la part la plus importante pour ces deux sources, tandis que les options « Parfois » et « Rarement » sont nettement moins fréquentes, ce qui révèle une stabilité dans le comportement d'achat vis-à-vis de ces référents (**Figure 48**).

En revanche, concernant Internet, la répartition des réponses montre une variabilité plus accentuée : les pourcentages de ceux qui sélectionnent « Rarement » ou « Jamais » comme source privilégiée sont plus élevés comparativement à l'index et au revendeur. Cela suggère que le recours à Internet pour la prise de décision liée à l'achat de pesticides agricoles reste moins constant chez les vendeurs, probablement en raison de facteurs liés à la fiabilité des informations ou à la préférence pour l'expérience directe et la connaissance issue des revendeurs ou de l'index officiel.

En somme, ces résultats reflètent la prédominance des sources traditionnelles (index et revendeur) dans la formation des décisions d'achat, par rapport aux sources numériques, avec une fraction non négligeable d'utilisateurs qui préfèrent ne pas se fier à Internet dans ce domaine. Cette étude souligne la nécessité de renforcer la confiance des commerçants et des agriculteurs envers les ressources électroniques si l'on souhaite que celles-ci jouent un rôle plus important à l'avenir sur le marché des pesticides agricoles.

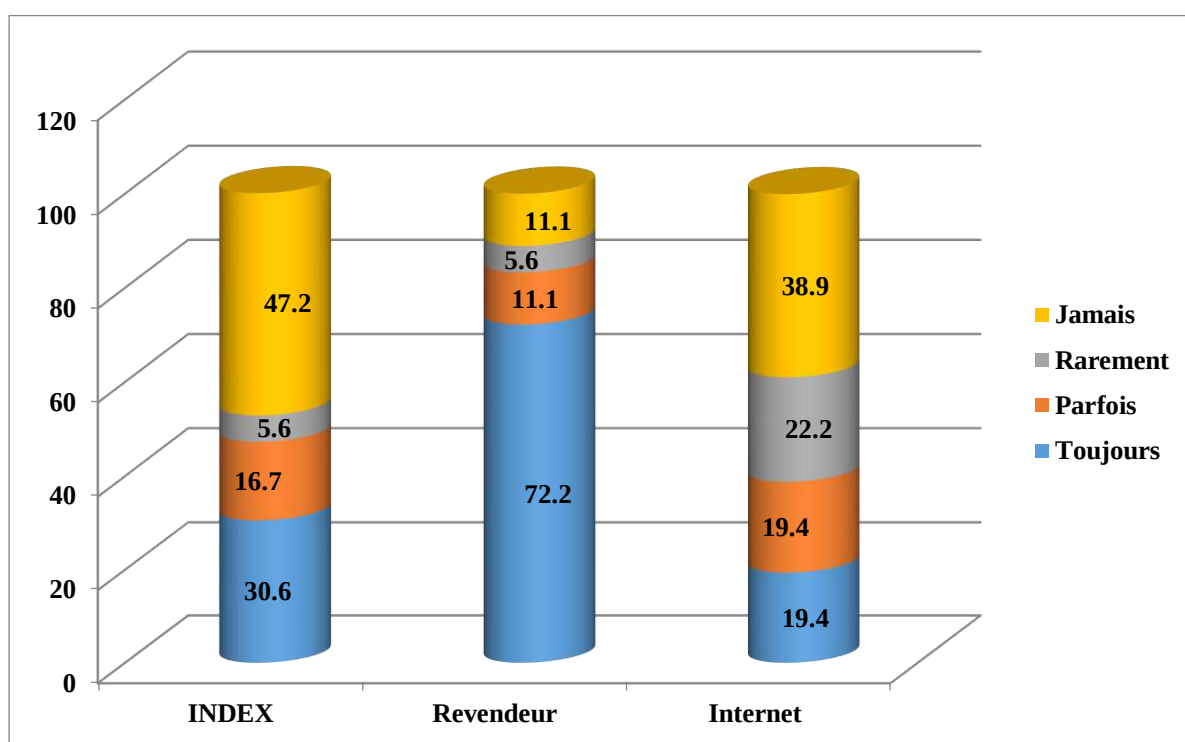


Figure 48. Critères de sélection des produits selon la source d'information (%)

2.2.3 Méthode de sélection des pesticides proposés à la vente

L'analyse des résultats révèle que la sélection des pesticides commercialisés repose sur une diversité de critères dont l'importance varie selon les vendeurs (**Figure 49**). Il apparaît que les « demandes des agriculteurs » et le « respect des instructions de la direction de service agricole (DSA) » constituent des facteurs déterminants pour la majorité des vendeurs, qui choisissent systématiquement ces critères. D'autres critères tels que « l'abondance », « le nom commercial » et « la matière active » bénéficient également d'un niveau d'adoption élevé, reflétant ainsi la tendance des commerçants à privilégier les produits conformes aux exigences du marché et aux spécifications techniques.

Par ailleurs, des critères comme « la facilité d'emploi », « la toxicité » et « les risques environnementaux moindres » occupent une place non négligeable, plusieurs vendeurs y accordant une attention régulière ou occasionnelle. Cela témoigne d'une prise de conscience croissante de la part des acteurs du secteur concernant la sécurité sanitaire et environnementale dans la sélection des pesticides.

À l'inverse, une proportion non négligeable des participants tend à négliger, partiellement ou totalement, certains critères, notamment ceux relatifs aux risques environnementaux. Cette observation souligne la nécessité de renforcer les campagnes de sensibilisation et les dispositifs de contrôle afin d'encourager l'adoption de solutions moins nocives pour l'environnement.

En somme, ces résultats illustrent la multiplicité et la complémentarité des facteurs déterminant le choix des pesticides dans les points de vente, l'importance de chaque critère variant selon les réalités économiques, réglementaires et les exigences du marché local. Ceci témoigne d'un certain degré de maturité professionnelle et d'une prise de conscience progressive parmi les acteurs du secteur.

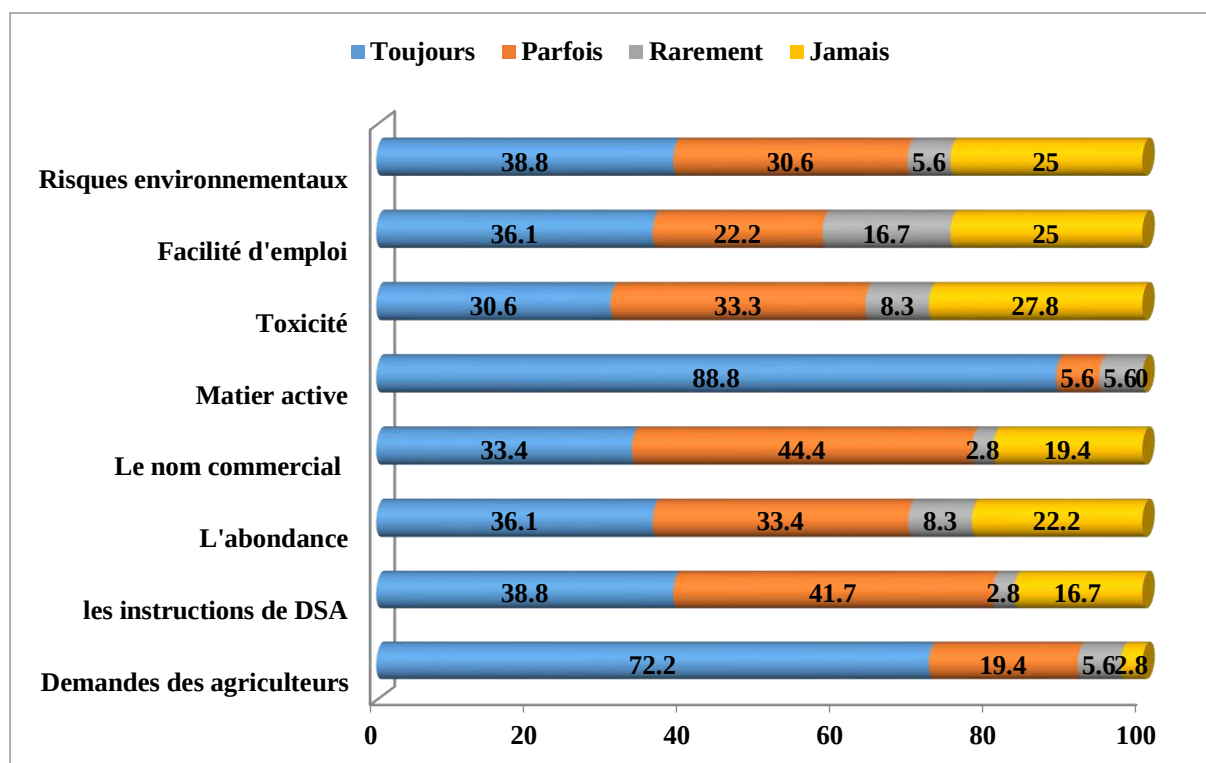


Figure 49. Critères de sélection des pesticides proposés à la vente (%)

2.2.4 Analyse de la fréquence de vente des différents types de pesticides selon le mode de culture

L'analyse comparative des fréquences de vente des pesticides dans les cultures saisonnières et hors-saison révèle des différences et similitudes notables entre les types de pesticide. Les ventes d'insecticides sont plus importantes durant la saison agricole principale, caractérisée par une fréquence d'utilisation majoritairement inférieure à 5 fois par mois. Cette tendance s'explique par l'intensification de l'activité des ravageurs au printemps et en été, périodes où les cultures connaissent une croissance active et où une protection préventive est indispensable pour préserver les rendements. Cette utilisation modérée reflète une stratégie de lutte raisonnée, visant à contrôler les populations de ravageurs tout en minimisant les risques de résistance et d'accumulation de résidus (**Tableau 9**).

En revanche, pendant les périodes hors saison, on observe une augmentation notable des ventes d'insecticides avec des fréquences situées entre 10 et 20 applications par mois. Cette hausse correspond à des interventions plus fréquentes et souvent intensives, nécessaires pour faire face à des poussées épidémiques ou à des conditions environnementales fluctuantes qui favorisent la prolifération des parasites. Ces pics d'utilisation traduisent une adaptation aux

contraintes non conventionnelles du cycle agricole, impliquant une gestion ciblée des risques phytosanitaires.

Concernant les herbicides, une forte concentration de ventes dans la catégorie « plus de 20 fois » dans les cultures hors-saison indique une intensité d'utilisation élevée, probablement due à des pressions plus importantes contre les mauvaises herbes pendant ces périodes. Les autres catégories, telles que les fongicides, acaricides et nématicides, montrent une répartition plus équilibrée des fréquences de vente, avec des différences spécifiques liées aux exigences phytosanitaires propres à chaque type de culture.

Malgré la présence de certaines lacunes en matière de réponses dans quelques catégories, les résultats recueillis fournissent des indicateurs robustes sur les tendances de vente et d'utilisation des pesticides au cours des différents cycles culturaux. Le fait que certains commerçants préfèrent ne pas divulguer avec précision les volumes de leurs ventes souligne la sensibilité de ces données dans le contexte commercial, ce qui impose l'adoption de méthodologies rigoureuses pour garantir une collecte d'informations exhaustive et fiable. Ces résultats constituent néanmoins une source essentielle pour comprendre les dynamiques du marché des pesticides, contribuant ainsi à l'élaboration de stratégies adaptées pour la gestion phytosanitaire.

Tableau 9. Fréquences de vente des pesticides selon le type de culture (saisonnière / hors-saison)

Fréquences de vente	Moins de 5 fois par mois		5 à 10 fois par mois		10 à 20 fois par mois		Plus de 20 fois par mois		Ne pas répondu	
Saison agricole	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
Insecticides	20	2	4	6	1	17	4	6	7	5
Herbicides	19	1	5	0	2	9	1	22	9	4
Fongicides	15	4	6	6	1	12	3	8	11	6
Acaricides	15	3	6	9	3	7	3	9	9	8
Nématicides	14	0	1	0	4	14	4	18	13	4
Autres	11	22	0	13	0	0	2	0	23	1

S : Saisonnière ; H : Hors-saison.

2.2.5 Principales sources d'information utilisées pour obtenir des renseignements sur les pesticides

La répartition des réponses révèle que « l'expérience personnelle » et « les conseils d'experts » constituent les deux principales références sur lesquelles les vendeurs s'appuient de manière régulière et prédominante pour obtenir des informations sur les pesticides ; la majorité (61% et 50% respectivement) indique qu'ils y recourent « toujours » comparativement aux autres sources (**Figure 50**). Il apparaît ainsi que le facteur pratique et l'expérience de terrain fournissent un savoir opératoire généralement plus décisif que les connaissances théoriques ou officielles.

Viennent ensuite les « formations », sollicitées « parfois » bien plus fréquemment qu'en tant que source d'information constante, ce qui témoigne d'une préférence persistante pour la pratique ou le savoir transmis au détriment des dispositifs d'enseignement formel. « L'internet » et les « livres et revues agricoles » restent des sources secondaires, leur usage régulier demeurant limité, tandis qu'un nombre significatif de vendeurs n'y ont recours que rarement ou occasionnellement. Cela traduit une responsabilité limitée à l'égard de la veille technologique et scientifique ou du développement continu des connaissances.

Enfin, une proportion notable de vendeurs n'utilisent jamais certaines sources, notamment l'internet et les ouvrages spécialisés, probablement en raison de compétences technologiques insuffisantes ou d'un manque de confiance accordée au contenu disponible en ligne ; ceci explique en partie la préférence, chez certains, pour la consultation directe de pairs expérimentés et le recours à leur propre vécu professionnel.

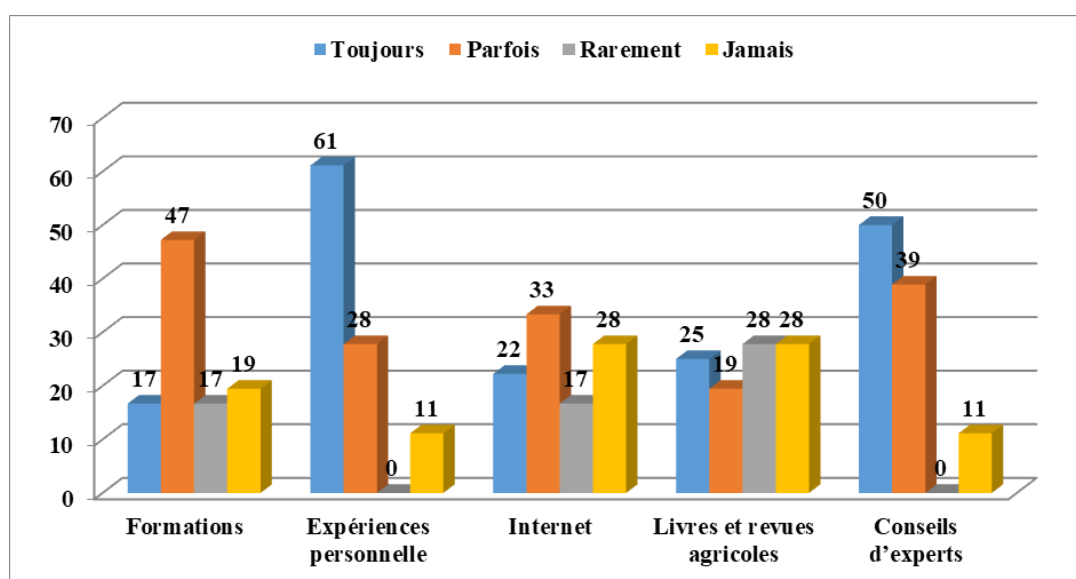


Figure 50. Principales sources d'information (%)

2.2.6 Participation à une formation officielle sur l'utilisation des pesticides

Les résultats présentés dans la **figure 51** indiquent que la majorité des vendeurs impliqués dans la distribution de pesticides agricoles ne bénéficient pas d'une formation officielle spécialisée, ce qui peut impacter la qualité des conseils fournis aux agriculteurs ainsi que la sécurité et les pratiques de commercialisation dans les points de vente. Cette réalité représente un défi sectoriel, soulignant l'importance de généraliser les programmes de formation à l'intention des vendeurs afin d'assurer l'accès à une information précise et actualisée sur l'utilisation adéquate des pesticides, tout en renforçant leur capacité à manipuler ces produits en toute sécurité et à délivrer des recommandations scientifiques aux utilisateurs.

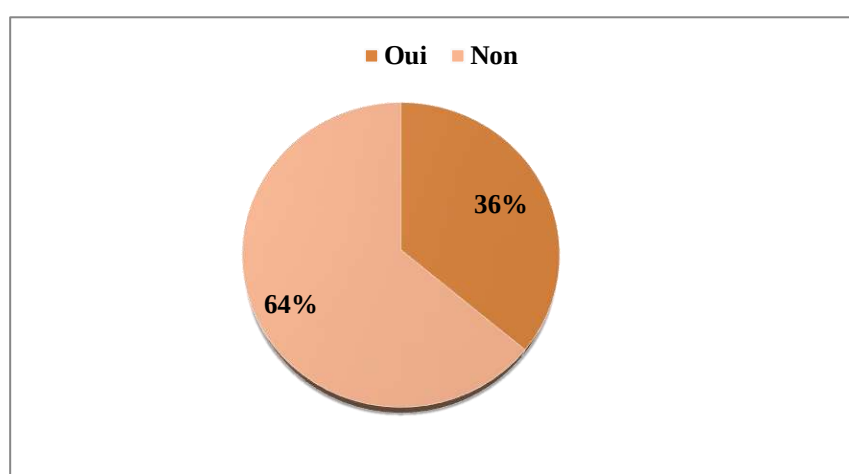


Figure 51. Vendeurs ayant reçu une formation officielle

Les résultats présentés dans le **tableau 10** montrent qu'une proportion considérable des vendeurs a reçu une formation officielle dans le domaine de l'utilisation des pesticides.

Tableau 10. Répartition des vendeurs de pesticides selon le type de formation reçue

Type de formation	Vendeurs (%)
Mixte de pesticide	7.9
Formation est dispensée sur les dangers des pesticides et leur utilisation	45.9
Non précisé	46.2

Cette formation comprend des programmes spécialisés tels que le mélange de pesticides, suivi par 7,9% des formés, ainsi que des formations générales couvrant les dangers des pesticides et leur utilisation, représentant 45,9%. Il est important de souligner que ces pourcentages sont calculés sur la base des 36% de vendeurs ayant déclaré avoir suivi une formation spécifique relative aux pesticides. Cela reflète une volonté claire de cette catégorie d'améliorer leurs

compétences professionnelles et de s'équiper d'informations scientifiques et techniques essentielles pour vendre les pesticides de manière responsable et sécurisée. Cette évolution de la conscience professionnelle chez les vendeurs a un impact positif sur la qualité des conseils fournis aux agriculteurs, contribuant à l'amélioration des pratiques de distribution des pesticides.

2.2.7 Fréquence de mise à jour des connaissances sur les pesticides

La figure 52 illustre la répartition des réponses concernant la fréquence de mise à jour des connaissances sur les pesticides. On constate que 31% des vendeurs actualisent leurs informations chaque mois, démontrant un engagement élevé envers la veille technologique et réglementaire. Par ailleurs, 19% mettent à jour leurs connaissances tous les trois mois, tandis que seuls 11% procèdent à une mise à jour annuelle, ce qui suggère un recours limité aux nouvelles ressources d'information.

La majorité, soit 39%, ne mettent à jour leurs informations que lorsqu'un nouveau produit arrive sur le marché, ce qui montre une démarche réactive davantage liée à l'offre commerciale qu'à une volonté d'actualisation scientifique proactive. Ce constat souligne la nécessité de renforcer la culture de l'actualisation périodique des informations chez les vendeurs afin d'améliorer la qualité des conseils aux agriculteurs et de garantir une utilisation sûre et efficace des pesticides.

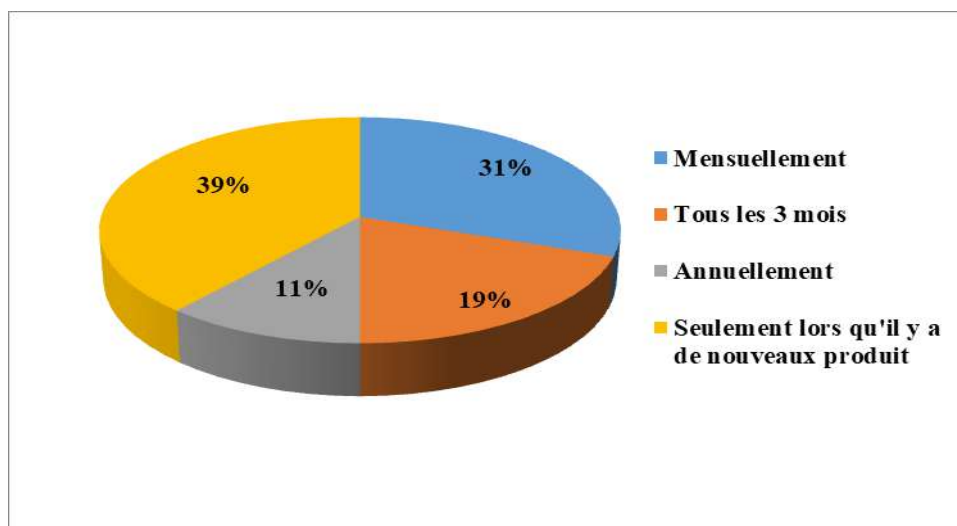


Figure 52. Mise à jour des informations sur les pesticides (%)

2.2.8 Sources d'information les plus fiables utilisées sur les pesticides

Les résultats du questionnaire montrent que les expériences d'autres agriculteurs sont la source d'information la plus fiable et la plus utilisée concernant les pesticides, avec 61% des participants affirmant les utiliser "toujours", tandis que les formations agréées arrivent en deuxième position avec seulement 28% de confiance permanente, contre 36% qui ne les utilisent jamais. En revanche, les sites internet spécialisés et les publications des entreprises de pesticides sont moins considérés comme fiables, puisque 25% des répondants disent les consulter "toujours", tandis que 33% ne les utilisent jamais (**Figure 53**).

Ces résultats révèlent une nette préférence des agriculteurs pour des connaissances pratiques, échangées directement entre pairs, par rapport aux sources officielles ou numériques. Cela souligne l'importance de la confiance construite sur l'expérience réelle et la nécessité pour les organismes officiels d'améliorer la pertinence et l'accessibilité de leur contenu pour le quotidien agricole.

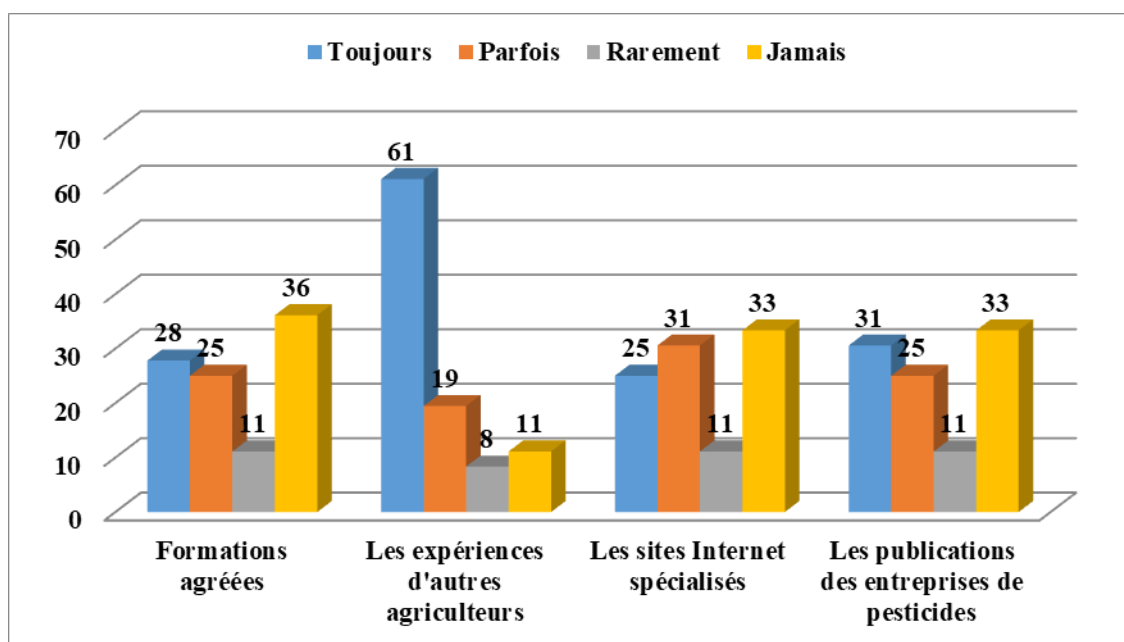


Figure 53. Sources d'information les plus fiables (%)

2.2.9 Soutien et informations des fabricants de pesticides auprès des vendeurs

La majorité des vendeurs (78%) déclarent ne pas recevoir de soutien ou d'informations de la part des fabricants de pesticides, tandis qu'une minorité (22%) affirme bénéficier de ce type d'appui. Cette situation met en évidence une faiblesse dans la communication directe entre les fabricants et les vendeurs, ce qui peut avoir un impact sur la qualité des conseils fournis aux utilisateurs finaux (**Figure 54**).

En plus du pourcentage de vendeurs ayant déclaré recevoir un soutien ou des informations de la part des fabricants de pesticides, il est possible de distinguer les formes d'appui mentionnées, telles que :

- **L'accompagnement et le partage d'informations à travers les expériences des agriculteurs à chaque saison** : ce soutien se traduit par l'échange de connaissances pratiques et de solutions concrètes entre professionnels du secteur agricole.
- **Les formations et programmes de renforcement des compétences** : certains vendeurs bénéficient de sessions de formation spécialisées ou d'ateliers organisés par les fabricants, permettant d'actualiser leurs connaissances sur l'utilisation des produits.
- **Les fiches de formation** : il s'agit de documents techniques ou pédagogiques remis aux vendeurs, leur offrant des informations détaillées sur les produits et les bonnes pratiques.
- **Les incitations commerciales** : 2 % des bénéfices réalisés par la société sont attribués ou reversés au vendeur, ou ce dernier bénéficie d'avantages tels que des cadeaux offerts par les fabricants, en guise de motivation commerciale.

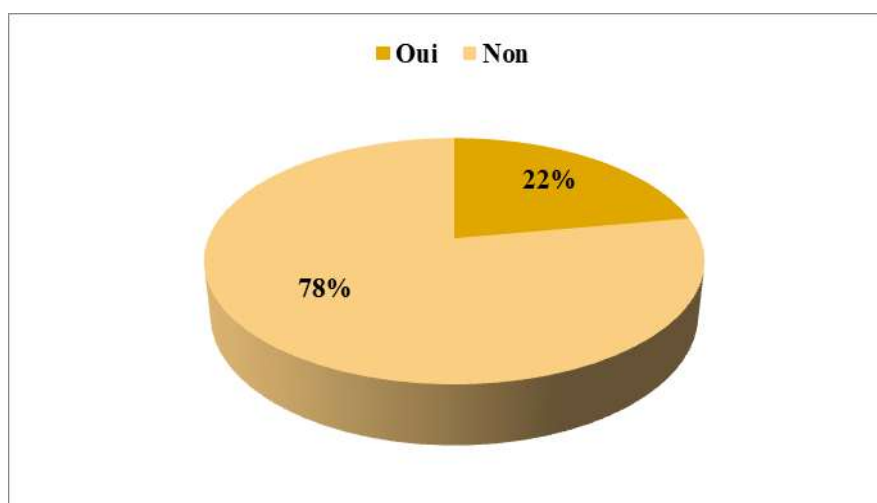


Figure 54. Réception d'un soutien ou d'informations de la part des fabricants de pesticides

2.3 Gestion des stocks et conditions de sécurité

2.3.1 Équipements de protection individuelle utilisés

Les résultats de l'enquête montrent que parmi les différents équipements de protection individuelle (EPI), la bavette est celle la plus fréquemment utilisée avec 69% des répondants qui la portent toujours, suivie du tablier (61%) et des gants (55%). Les lunettes de protection et la combinaison de protection sont moins régulièrement portées, avec seulement 42% et 39% des utilisateurs "toujours" respectivement. La catégorie "rarement" et "je ne les utilise pas" révèle une certaine négligence ou difficulté d'utilisation de ces équipements, particulièrement pour la combinaison (28% ne l'utilisent pas) et les lunettes (22%) (**Tableau 11**).

Ces résultats mettent en évidence une certaine disparité dans l'adoption des EPI, ce qui pourrait s'expliquer par le confort, la facilité d'utilisation, ou la perception des risques associés à chaque équipement. L'utilisation insuffisante des protections oculaires et des combinaisons laisse entrevoir un risque potentiel accru d'exposition aux agents chimiques ou biologiques.

En contexte professionnel, il est crucial que les mesures de prévention soient respectées en portant adéquatement tous les équipements adaptés aux risques spécifiques. L'employeur doit garantir la fourniture gratuite, la formation à leur usage correct, ainsi que le suivi et le renouvellement régulier des EPI pour protéger efficacement la santé des travailleurs. Ces mesures reflètent les recommandations des normes de sécurité du travail, qui insistent sur une utilisation combinée et régulière des EPI pour réduire au maximum l'exposition aux dangers.

Tableau 11. Utilisation des équipements de protection individuelle (EPI)

	Toujours (%)	Parfois (%)	Rarement (%)	Je ne les utilise pas (%)
Bavette	69	25	0	6
Gants	55	28	6	11
Lunettes	42	30	6	22
Combinaison de protection	39	22	11	28
Tablier	61	25	6	8
Autre, précisez : (cache nez)	-	3	-	-

2.3.2 Impact sur la santé lié à la manipulation des produits phytosanitaires

Les résultats de l'enquête indiquent que plusieurs symptômes de santé apparaissent chez les travailleurs manipulant des produits phytosanitaires, avec une fréquence variable (**Tableau 12**). Les réactions cutanées sont les plus rapportées, avec 28% des participants déclarant en souffrir toujours après manipulation, suivies par des difficultés respiratoires (25%) et des picotements des yeux (22%). D'autres symptômes comme la nausée, les maux de tête ou la diarrhée sont moins fréquemment signalés, mais restent présents chez un nombre non négligeable de travailleurs. Par ailleurs, une grande part des répondants (41% à 64%) n'a jamais ressenti ces symptômes, ce qui peut traduire une variabilité individuelle ou des différences dans les conditions de travail et utilisation des équipements de protection.

Tableau 12. Symptômes ressentis après manipulation des produits phytosanitaires

	Toujours (%)	Parfois (%)	Rarement (%)	Jamais (%)
Nausée	3	22	11	64
Réaction cutanée	28	6	22	44
Picotement des yeux	22	19	8	50
Difficulté respiratoire	25	17	17	41
Maux de tête	14	31	8	47
Diarrhée	8	25	8	59
Autre, précisez.....	-	-	-	-

2.3.3 Comportement en cas d'exposition à un pesticide

La figure 29 représente la répartition des comportements adoptés en cas d'exposition à un pesticide. Les résultats montrent que la majorité des répondants veillent toujours à laver abondamment la peau avec de l'eau et du savon après un contact, ce qui témoigne d'une bonne sensibilisation à l'importance de l'élimination immédiate des résidus sur le terrain comme première mesure préventive. Quitter immédiatement la zone contaminée constitue également une pratique régulière dans le cadre des mesures de précaution.

En revanche, la prise de contact avec un médecin ou un centre antipoison est une démarche adoptée de façon moins systématique, ce qui indique que certaines situations ne bénéficient pas d'un suivi médical immédiat, exposant ainsi les personnes à des risques accrus en cas d'intoxication aiguë. L'utilisation d'un antidote est une démarche circonstancielle, généralement liée à la disponibilité de l'antidote et à la gravité de l'exposition ; cette mesure est donc relativement rare par rapport aux autres comportements.

Ces données reflètent une disparité dans l'application et l'assimilation des réflexes d'urgence après une exposition aux pesticides, soulignant la nécessité de renforcer l'information relative à l'intérêt de chacune de ces mesures, notamment l'importance d'un recours rapide aux services médicaux spécialisés, pour garantir une protection optimale contre les effets néfastes des produits phytosanitaires.

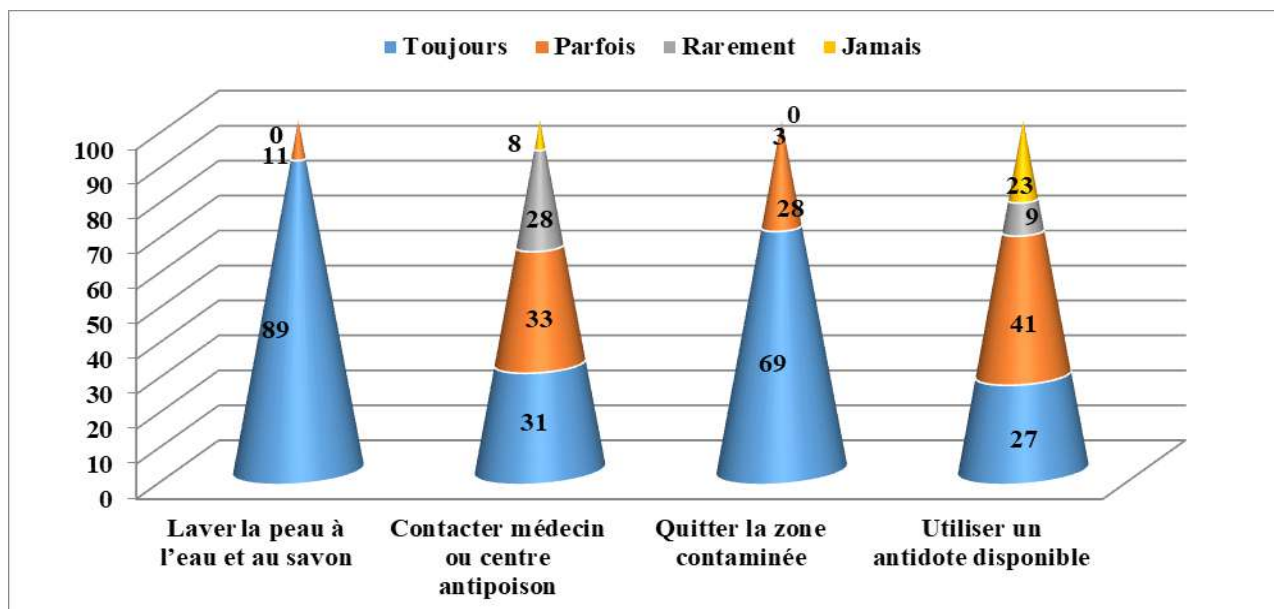


Figure 55. Pratiques adoptées en cas d'exposition aux pesticides (%)

2.3.4 Conscience des vendeurs des risques sanitaires et environnementaux liés à la manipulation des pesticides

Les résultats de notre étude révèlent un niveau remarquable de conscience chez les vendeurs concernant les risques sanitaires et environnementaux associés à la manipulation des pesticides. En effet, une large majorité, déclare être pleinement consciente des dangers potentiels, témoignant d'une sensibilisation significative probablement acquise à travers la formation, l'expérience terrain ou les campagnes de prévention. Par ailleurs, 28% des répondants affichent une connaissance partielle des risques, ce qui souligne une marge d'amélioration importante en termes d'éducation et de sensibilisation continues (**Figure 56**).

Cette disparité dans la connaissance des risques engage à poursuivre et renforcer les actions formatives et informatives ciblées, afin de garantir que tous les acteurs impliqués dans la distribution et la manipulation des pesticides disposent d'une compréhension exhaustive des dangers encourus. Une telle démarche est essentielle non seulement pour préserver la santé

individuelle des vendeurs mais aussi pour minimiser les impacts environnementaux liés à une manipulation inadéquate.

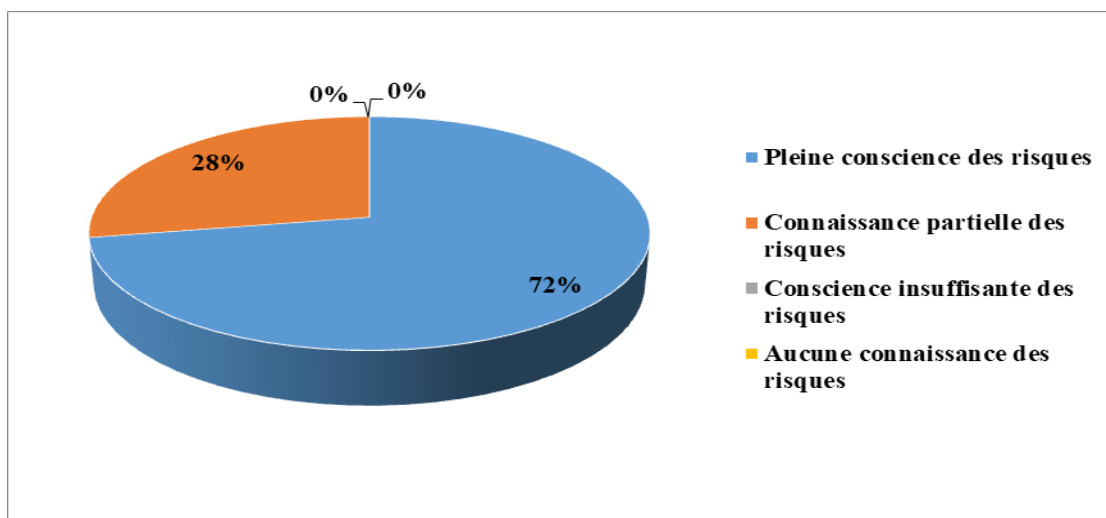


Figure 56. Niveau de conscience des vendeurs

2.3.5 Lieu de stockage des produits phytosanitaires

La figure 57 illustre clairement que la majorité des participants privilégient le stockage des produits phytopharmaceutiques dans un endroit spécifiquement aménagé à cet effet, témoignant ainsi d'une bonne connaissance des exigences liées à la sécurité et à la prévention des risques liés à ces substances. Par ailleurs, un certain nombre des vendeurs optent pour le stockage dans une pièce technique dédiée, ce qui indique un souci supplémentaire d'assurer les conditions optimales de conservation et de manipulation sécurisée.

D'autres vendeurs, en moindre proportion, recourent à des solutions plus simples comme le stockage dans une armoire, qui bien que pratique, présente des limites en termes de sécurité et de protection contre les risques de contamination ou de dégradation des produits.

Ces observations pointent vers la nécessité de renforcer la sensibilisation et la formation autour des bonnes pratiques de stockage, mettant l'accent sur l'importance d'un lieu adapté, sécurisé et conforme aux réglementations en vigueur. Cela garantit non seulement la préservation de l'efficacité des produits, mais également la protection de la santé des opérateurs et de l'environnement.

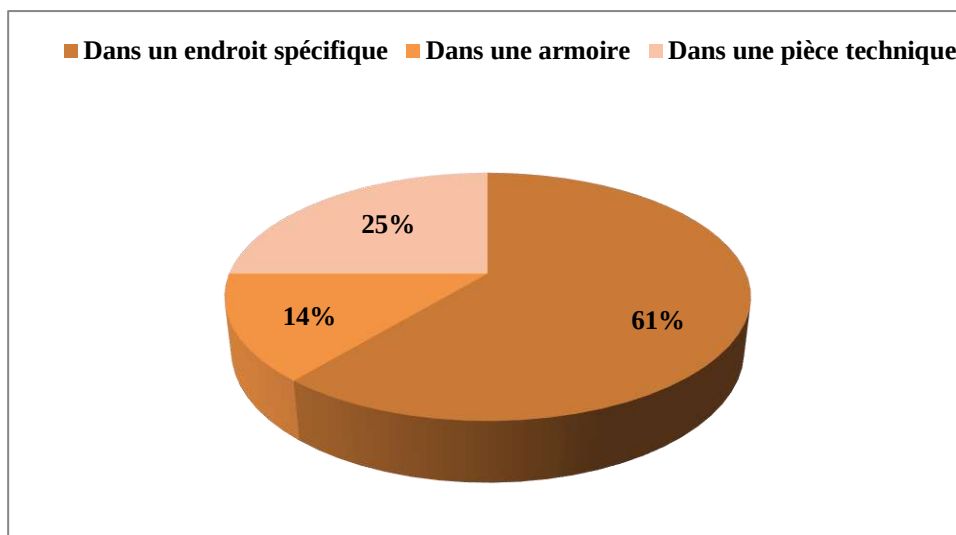


Figure 57. Modalités de stockage des produits phytopharmaceutiques

2.3.6 Situation actuelle du stockage des produits phytosanitaires

Les résultats présentés dans **la figure 58** indiquent que les exigences de stockage des produits phytosanitaires sont prises en compte tant sur le plan structurel qu'organisationnel. Il ressort que la majorité des répondants veillent à réserver des espaces exclusivement destinés au stockage, traduisant une volonté de prévenir toute interaction avec d'autres activités ou installations inadaptées.

Par ailleurs, une proportion significative des participants souligne l'importance d'éloigner les lieux de stockage des zones d'habitation et des sources d'eau, une mesure essentielle pour limiter les risques de contamination environnementale et protéger la santé publique contre les fuites ou les accidents.

Enfin, les participants insistent sur la nécessité de construire les entrepôts avec des sols en béton renforcé, ce qui garantit la prévention des infiltrations dans le sol et facilite une gestion sécurisée des produits. Ces données illustrent le respect des normes de sécurité et des recommandations réglementaires pour une gestion responsable des substances dangereuses dans le secteur agricole.

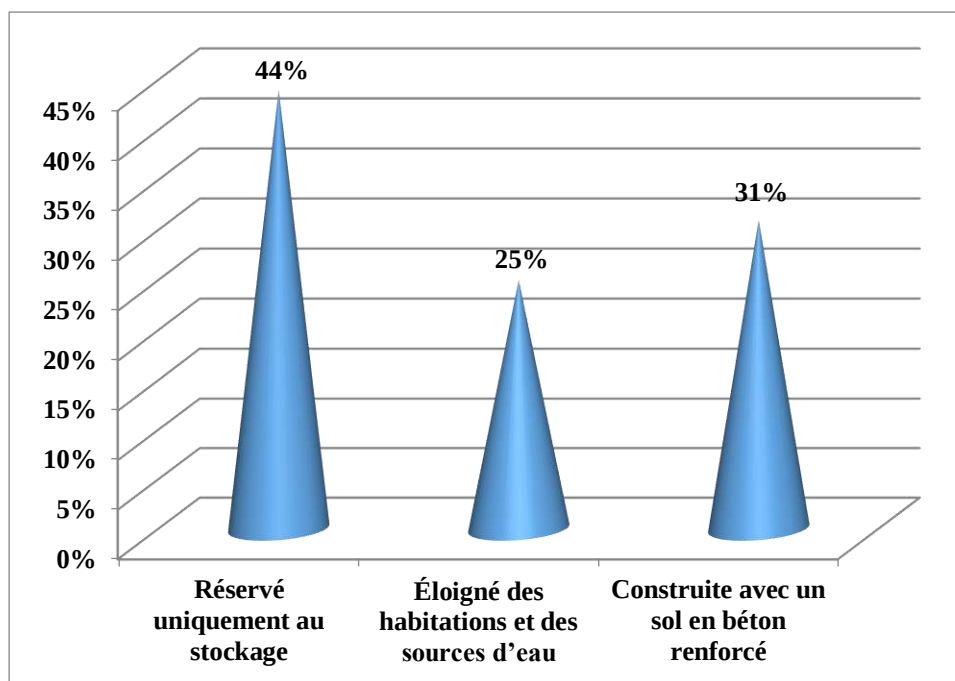


Figure 58. Critères de sécurité des locaux de stockage

2.3.7 Gestion et élimination des pesticides périmés : enjeux et pratiques

Les résultats illustrés par la figure 59 mettent en évidence la diversité des pratiques adoptées pour la gestion des pesticides périmés dans le secteur agricole. On remarque que la majorité des répondants évitent d'éliminer ces produits en les jetant à la poubelle ou dans les égouts, pratique reconnue comme dangereuse pour la santé et l'environnement. Beaucoup préfèrent conserver les pesticides dans le stock en attendant une solution appropriée pour leur élimination, tandis qu'un nombre limité fait parfois appel à des entreprises spécialisées dans le traitement de ces substances, ce qui reflète certains obstacles logistiques ou économiques.

La remise des pesticides périmés à des centres de collecte de produits chimiques dangereux demeure peu fréquente, soulignant la nécessité de promouvoir l'accès et l'information sur ces dispositifs. On observe également quelques comportements à risque, tels que la distribution gratuite aux agriculteurs ou la vente à bas prix, qui représentent des menaces potentielles pour la santé publique et l'environnement.

Ces données révèlent une hétérogénéité dans la gestion des pesticides périmés et soulignent l'urgence de mettre en place des stratégies de sensibilisation et de réglementation plus strictes pour garantir une élimination sûre et responsable de ces produits.

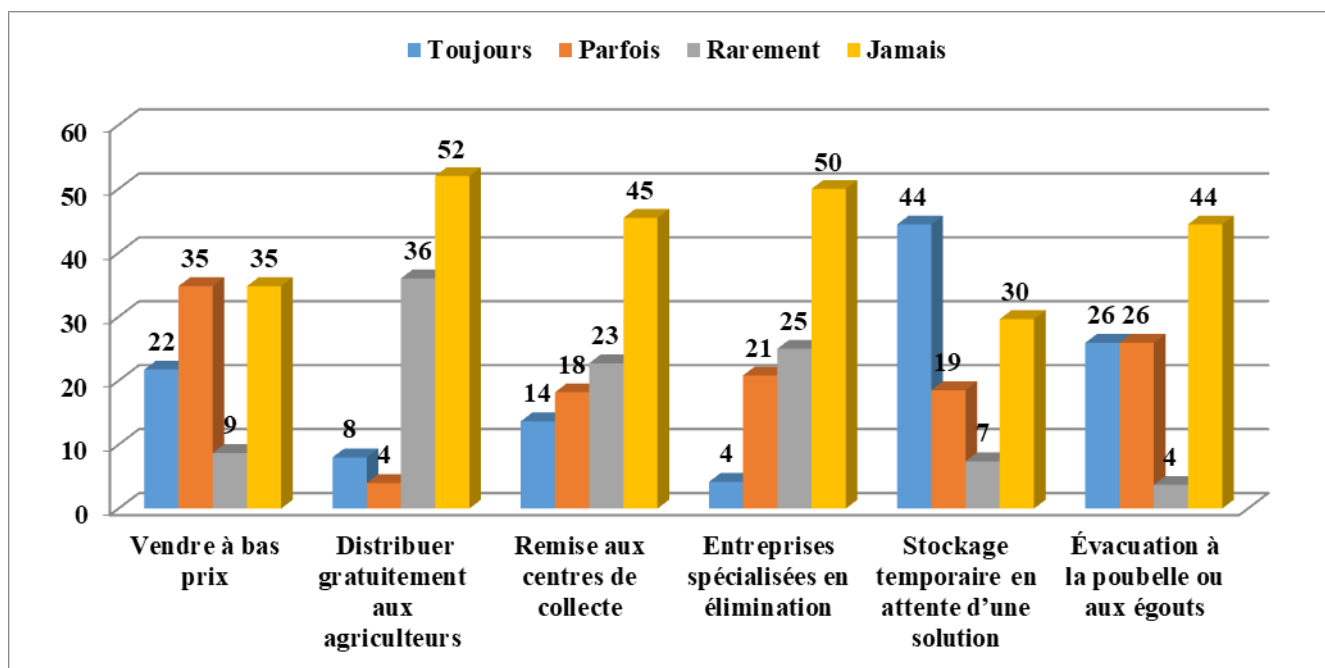


Figure 59. Pratiques de gestion et d'élimination des pesticides périmés (%)

2.3.8 Gestion sécurisée des contenants vides de pesticides : pratiques et recommandations

Les résultats montrent que la majorité des participants privilégient l'élimination systématique des contenants vides de pesticides, témoignant ainsi d'un respect des normes de sécurité environnementale et sanitaire dans le secteur agricole (**figure 60**). À l'inverse, une faible proportion recourt à la réutilisation ou à la vente de ces contenants, ces pratiques demeurant marginales en raison des risques potentiels de contamination chimique ou de transfert de polluants.

Il est remarquable que l'attitude « ne jamais réutiliser » ou « ne jamais vendre » les contenants vides soit largement majoritaire, ce qui reflète une culture de prévention bien ancrée contre les conséquences sanitaires et environnementales associées à la réutilisation des emballages. Les cas d'élimination occasionnelle ou de vente ponctuelle mettent en lumière le besoin de renforcer la sensibilisation et d'assurer que les pratiques adoptées restent strictement conformes à l'élimination sécurisée.

Ces résultats témoignent du niveau élevé de conscience quant à la gestion responsable des déchets de pesticides et soulignent la nécessité d'accroître les programmes d'information et la disponibilité des dispositifs de collecte afin de préserver la santé publique et l'intégrité de l'environnement.

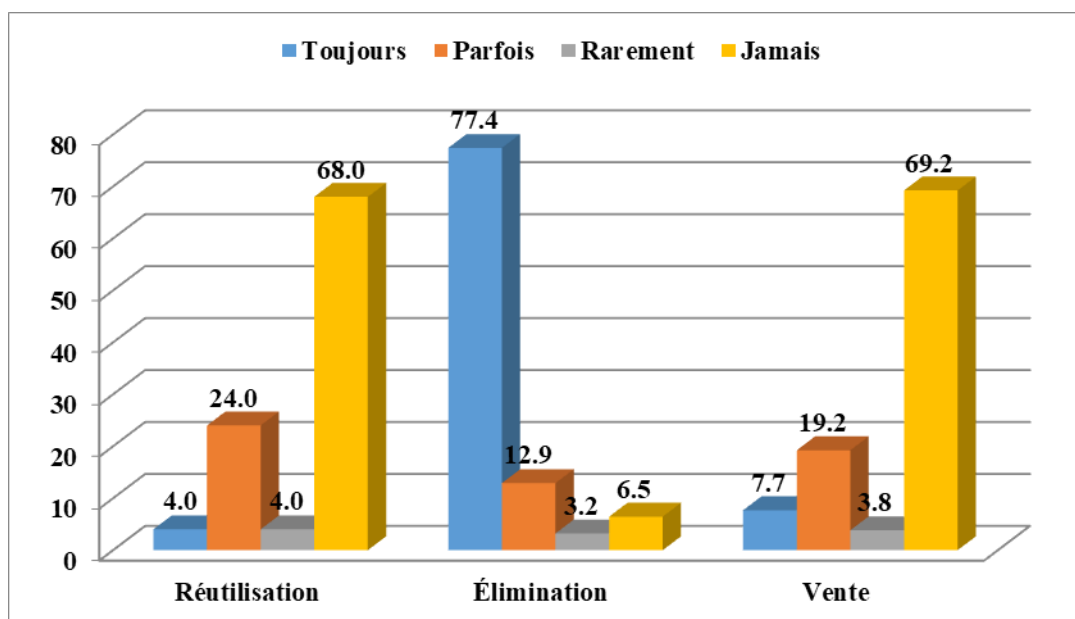


Figure 60. Gestion des pratiques liées aux contenants vides de pesticides (%)

2.4 Pratiques de vente

2.4.1 Nature des activités professionnelles exercées

Les résultats illustrés dans la figure 61 montrent que la majorité des vendeurs agricoles exercent des fonctions multiples qui vont bien au-delà de la simple vente de produits agricoles. La plupart des répondants assurent la vulgarisation de manière continue, ce qui met en valeur le rôle essentiel des vendeurs dans la transmission des connaissances techniques aux agriculteurs et dans la promotion de bonnes pratiques d'utilisation des produits. De plus, un nombre important d'entre eux apportent une assistance concrète sur le site de la ferme, soulignant leur contribution effective à l'accompagnement des opérations agricoles et à la sécurisation de l'usage des intrants.

Ces données confirment que le vendeur agricole de la wilaya d'Oued Souf n'est pas uniquement un intermédiaire commercial, mais un acteur clé dans la sensibilisation, le conseil, et l'appui technique direct aux agriculteurs, contribuant ainsi à l'amélioration de la productivité et à la réduction des risques liés à l'utilisation des intrants chimiques et biologiques.

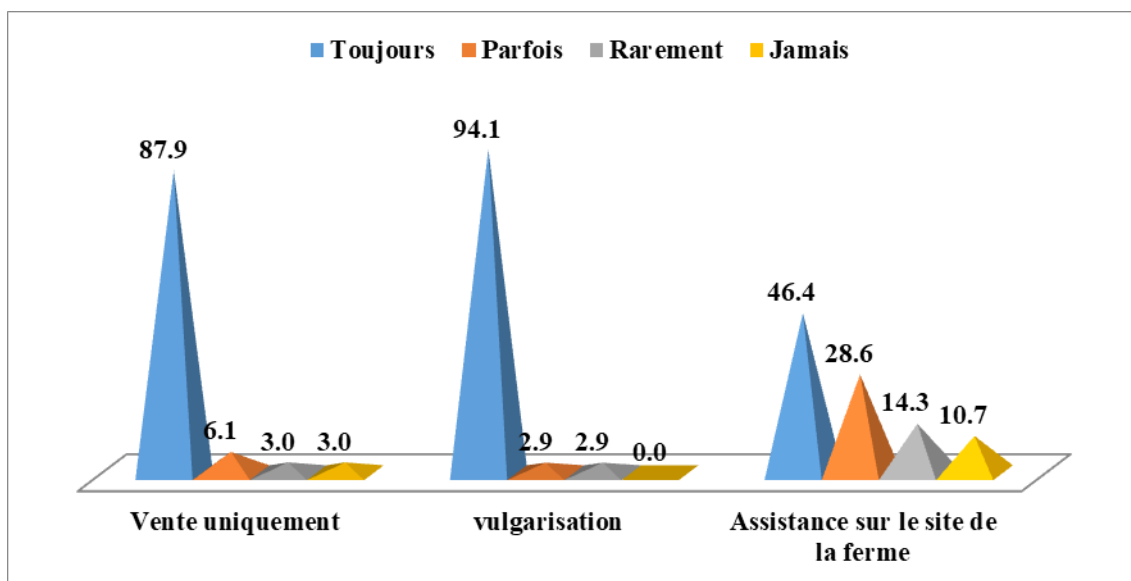


Figure 61. Activités professionnelles (%)

2.4.2 Critères de sélection des agriculteurs pour les produits agricoles

Les résultats indiquent que le nom commercial du pesticide est le critère le plus déterminant pour les agriculteurs, avec une majorité (63,6 %) qui s'appuie constamment sur ce facteur (**Tableau 13**). Ce critère représente un gage de qualité et de confiance envers le produit. La matière active constitue en second lieu un facteur crucial, pris en compte par une majorité significative (56,7 %) d'agriculteurs pour assurer l'efficacité du produit dans la lutte contre les ravageurs.

Le prix joue également un rôle important dans la décision d'achat, car il influe directement sur la capacité des agriculteurs à accéder aux produits nécessaires. Bien que la toxicité réduite et la facilité d'utilisation soient considérées, elles sont moins prioritaires pour la majorité. En revanche, la confiance dans le vendeur se démarque par son importance, avec 61,3 % des agriculteurs qui s'y réfèrent systématiquement, ce qui confirme l'impact essentiel du vendeur dans l'orientation des choix des agriculteurs.

Ce rôle du vendeur ne se limite pas à la simple transaction commerciale. En effet, il agit comme un conseiller technique, fournissant des informations et un encadrement qui permettent d'assurer une utilisation sûre et efficace des pesticides, tout en contribuant à la santé des cultures et à la protection de l'environnement. Cette confiance et ce rôle consultatif sont reconnus comme des éléments clés du succès des programmes agricoles modernes.

Tableau 13. Critères de choix des pesticides par les agriculteurs selon les vendeurs (%)

	Toujours (%)	Parfois (%)	Rarement (%)	Jamais (%)
Nom commercial	63.6	27.3	0	9.1
Matière active	56.7	33.3	10	0
Toxicité (moins nocif pour sa santé)	17.9	35.7	21.4	25
Facilité d'utilisation	44.8	27.6	6.9	20.7
Risques environnementaux	19.2	19.2	30.8	30.8
Prix	53.3	36.7	3.3	6.7
Confiance dans le vendeur pour le choix du pesticide approprié	61.3	35.5	0	3.2

2.4.3 Produits phytosanitaires les plus demandés par les agriculteurs : analyse et tendances

Cette étude repose sur une analyse précise des types de pesticides agricoles les plus demandés et utilisés par les agriculteurs dans différentes régions. Les résultats dans le tableau 14 montrent que la catégorie des insecticides occupe la première place avec des pesticides efficaces tels que l'AMPLIGO 150 ZC contenant du chlorantraniliprole et du lambda-cyhalothrine, au prix de 34 000 DA, suivi par le CORAGEN 20 SC à 3 500 DA, ce qui témoigne de l'importance de ces pesticides dans la lutte contre les insectes nuisibles.

En ce qui concerne les fongicides, le PREVICUR ENERGY 840 SL, contenant du fosetyl-aluminium et du propamocarbe, au prix de 7 500 DA, occupe la première place, suivi par l'AMISTAR TOP à 18 000 DA, ce qui reflète l'approche adoptée pour le contrôle des maladies fongiques dans les programmes de protection des plantes.

Pour les herbicides, l'utilisation se concentre sur le VAPCOR à 7 500 DA et le SENCORATE à 2 800 DA, reflétant la tendance des agriculteurs à contrôler efficacement et économiquement les mauvaises herbes.

Une diversité de pesticides acaricides (anti-acariens) et nématicides (contre les nématodes) est observée, avec les produits MASAI et VERTIMEC à des prix variables, tandis que SINCOCIN, avec sa formule spécifique, représente une option pour le traitement des nématodes.

Cette répartition met en lumière le schéma d'utilisation adopté par les agriculteurs, qui choisissent les pesticides en fonction de l'efficacité de la matière active, de leur disponibilité et de leur prix, en accord avec les défis agricoles locaux. Ces résultats reflètent l'importance

de disposer de pesticides de haute qualité et variés pour garantir une protection optimale des cultures contre diverses pestes.

Ainsi, ces pesticides peuvent être considérés comme des indicateurs clés des besoins agricoles dans la région, contribuant à l'élaboration de stratégies efficaces pour réguler le marché agricole et orienter les programmes de sensibilisation et d'assistance technique aux agriculteurs.

Tableau 14. Principaux pesticides demandés par les agriculteurs

Type	Ordre	Nom commerciale	Matière active	Prix (DA)
Insecticide	1	AMPLIGO 150 ZC	Chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrine	34000.00
	2	CORAGEN 20 SC	Chlorantraniliprole	3500.00
	3	OBERON 240 SC	SPIROMESIFEN	
	4	ZOROTM	Abamectine	9200.00
	5	KARATEKA	Lambda-cyhalothrine	3500.00
	6	PROACT 50 EC	Emamectin benzoate	16000.00
		VAPCOMIC	Abamectine	5000.00
		RUSTILAN	Acetamipride	1200.00
		ABAMECTIN 1,8EC	Abamectine	4800.00
		VOLIAM TARGO 063 SC	Chlorantraniliprole + abamectine	26000.00
Fongicide	1	PREVICUR ENERGY 840 SL	Fosetyl- aluminium + propamocarb	7500.00
	2	AMISTAR TOP	Azoxystrobine + difenoconazole	18000.00
	3	TACHIGAZOLE	Hymexazole	5500.00
	4	ALIETTE FLASH	Fosetyl- aluminium	7500.00
	5	HELIOCUIVRE	Hydroxyde de cuivre	3500.00
Herbicide	1	VAPCOR	Metribuzine	7500.00
	2	SENCORATE	Metribuzine	2800.00
	3	TILLER 410	Glyphosate	2500.00
Acaricide	1	MASAI	Tebufenpyrad	4800.00
	2	VERTIMEC	Abamectine	12000.00
Nématicide	1	SINCOCIN	acides gras palmique, oleique, linoleique nucleique, ADN, ARN + OE	3500.00

2.4.4 Fréquence du soutien, de la formation et des conseils sur l'utilisation des pesticides agricoles et leurs impacts

Les résultats de notre étude mettent en évidence l'importance du soutien technique et de la formation offerts aux agriculteurs dans l'utilisation des pesticides agricoles. Ainsi, 51,6% des organismes concernés fournissent un appui technique régulier, tandis que 42% l'offrent de manière occasionnelle. En ce qui concerne la formation à l'utilisation des pesticides, 33,3% des agriculteurs bénéficient d'une formation constante, tandis qu'un nombre équivalent la reçoit parfois. Environ 77,4% des prestataires encouragent l'utilisation sûre des pesticides conformément aux directives en vigueur (**Tableau 15**).

De plus, 53,3% des responsables communiquent régulièrement des informations sur l'impact environnemental des pesticides, et 63,3% reconnaissent les effets des pesticides sur la santé des agriculteurs. Des visites de suivi portant sur l'usage des pesticides sont effectuées chez 31,3% des agriculteurs. Par ailleurs, 50% des fournisseurs promeuvent activement l'usage de pesticides biologiques ou organiques.

Cependant, 9,7% vendent des pesticides reconditionnés en dehors de leurs emballages d'origine, ce qui pose des risques évidents. Par ailleurs, 67,7% des vendeurs admettent que les pesticides ont des effets négatifs sur la santé humaine, et 56,7% considèrent la résistance aux pesticides comme un défi majeur.

Ces indicateurs offrent une vision globale de la sensibilisation, de la formation et de l'attention portée aux aspects sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides agricoles. Ils soulignent la nécessité de renforcer les pratiques sécuritaires à travers des programmes d'accompagnement technique et de suivi sur le terrain, afin d'assurer un usage sûr et efficace des pesticides.

Tableau 15. Fourniture du soutien technique et de la formation

	Toujours (%)	Parfois (%)	Rarement (%)	Jamais (%)
Appui technique régulier aux agriculteurs	51.6	42.0	3.2	3.2
Formation à l'emploi des pesticides	33.3	33.3	20.0	13.4
Formation à l'EPI	33.4	40.0	13.3	13.3
Encouragement de l'utilisation sûre des pesticides	77.4	12.9	3.2	6.5
Informations sur l'impact environnemental	53.3	33.4	10.0	3.3
Pesticides et effet sur la santé des agriculteurs	63.3	26.7	10.0	0.0
Visites de suivi de l'utilisation des pesticides	31.3	37.5	22.0	9.4
Promotion des pesticides bio/organiques	50.0	36.7	0.0	0.0
Vente de pesticides reconditionnés	9.7	48.3	32.3	9.7
L'utilisation des pesticides affecte la santé humaine	67.7	25.8	6.5	0.0
Résistance aux pesticides : un défi majeur	56.7	36.7	6.6	0.0

2.4.5 Modes de contact des agriculteurs pour l'assistance liée aux pesticides agricoles

Les résultats de l'enquête concernant les modes de communication des agriculteurs avec les vendeurs de pesticides montrent que la visite en personne est le moyen le plus utilisé, la majorité des répondants privilégiant le contact direct, tandis que certains y ont recours de façon occasionnelle et rarement ou jamais pour d'autres. Les données révèlent également que le téléphone représente une alternative importante, utilisé régulièrement par de nombreux participants, alors que d'autres l'utilisent plus ponctuellement, et il est rarement ou jamais employé dans certains cas (**Figure 62**).

En comparaison, les réseaux sociaux restent moins répandus dans ce contexte : si certains agriculteurs les utilisent régulièrement, d'autres y recourent occasionnellement, tandis qu'une partie n'y fait appel que rarement ou jamais.

Ce modèle de communication reflète l'importance de la relation de confiance et du contact direct entre les agriculteurs et les vendeurs dans l'environnement agricole d'Oued Souf, où l'échange personnalisé est essentiel à la transmission du savoir et aux conseils techniques sur l'utilisation des pesticides. De plus, le téléphone offre un soutien complémentaire efficace, alors que la faible utilisation des réseaux sociaux souligne la nécessité de renforcer la culture numérique chez les agriculteurs pour optimiser les services et l'accompagnement futurs. Ces constats permettent d'orienter les politiques de conseil afin de répondre aux besoins des agriculteurs selon les canaux les plus acceptés et utilisés.

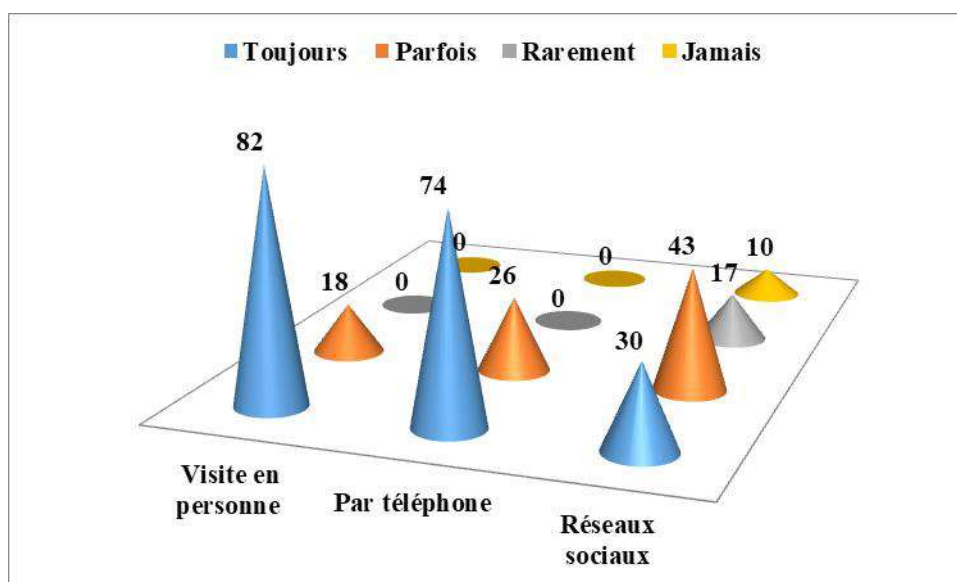


Figure 62. Modes de contact privilégiés par les agriculteurs (%)

Notre résultats d'étude reflète la répartition de l'utilisation des réseaux sociaux par les agriculteurs pour communiquer avec les vendeurs de pesticides. Il apparaît que la combinaison de Facebook et WhatsApp est la solution la plus adoptée. Vient ensuite l'utilisation de Facebook seul, ce qui montre l'influence de cette plateforme dans le secteur agricole local. De son côté, WhatsApp joue un rôle important dans le soutien à la communication rapide, même si son utilisation reste moindre par rapport aux Facebook (**Figure 63**).

Ces résultats mettent en avant l'importance de renforcer les canaux numériques multiples dans la communication agricole, avec l'intégration de plusieurs plateformes pour cibler efficacement les agriculteurs et répondre rapidement à leurs besoins techniques et informatifs. Cette répartition indique également une évolution progressive des pratiques de communication des agriculteurs, qui tendent à adopter des outils modernes pour accéder plus facilement aux informations et aux conseils agricoles.

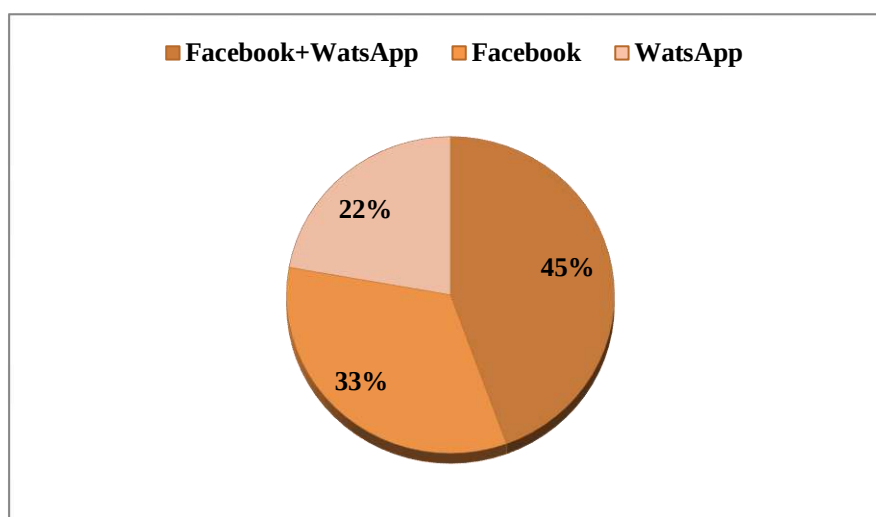


Figure 63. Utilisation des réseaux sociaux

2.5 Défis et suggestions

2.5.1 Principaux défis rencontrés par les vendeurs dans leurs interactions avec les agriculteurs

La figure 64 synthétise les principaux défis auxquels sont confrontés les vendeurs de pesticides agricoles lorsqu'ils interagissent avec les agriculteurs. Le problème le plus fréquent concerne le manque de sensibilisation des agriculteurs aux mesures de sécurité personnelle et à l'utilisation des équipements de protection, ce qui constitue une difficulté récurrente selon la majorité des répondants. Les vendeurs rencontrent également des difficultés de communication avec des agriculteurs issus de milieux et de cultures différents, ce défi étant

plus ou moins présent selon les contextes. Enfin, les conditions climatiques difficiles compliquent les opérations de distribution, impactant la logistique et la régularité des approvisionnements.

Ces obstacles soulignent la nécessité de renforcer les programmes de formation et de sensibilisation destinés aux agriculteurs, d'améliorer les méthodes de communication, ainsi que de développer des solutions logistiques adaptées aux réalités climatiques locales afin d'assurer la continuité et la qualité du service dans le secteur agricole.

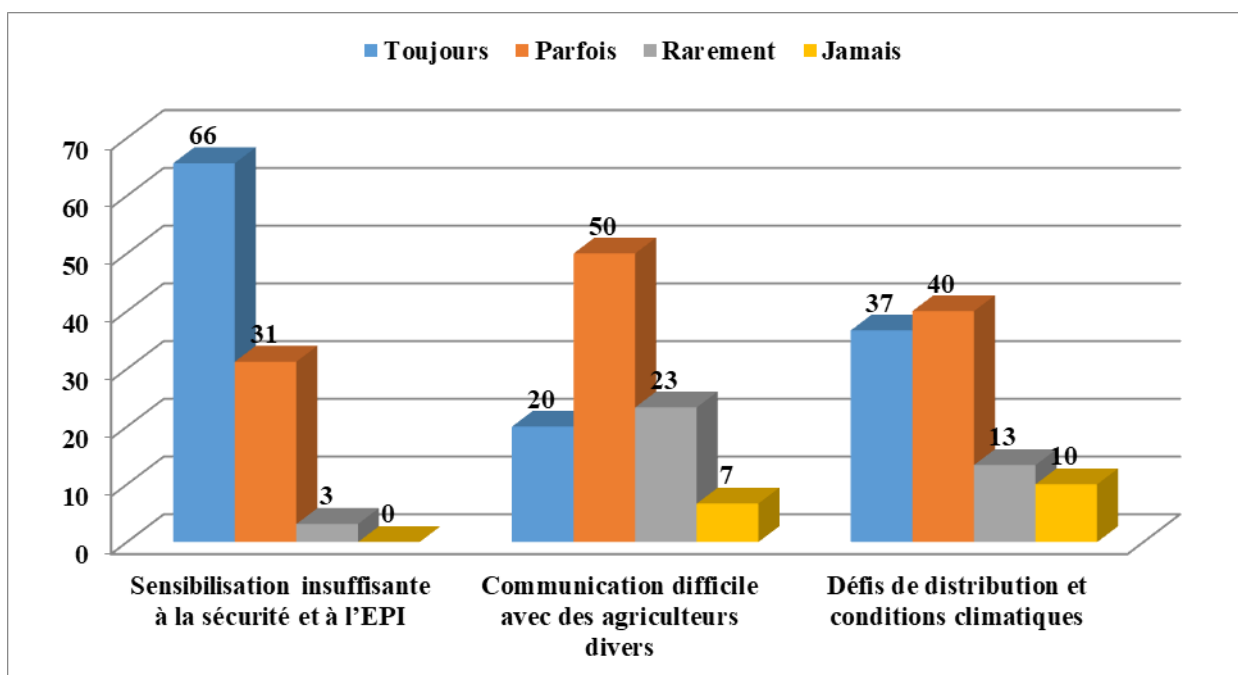


Figure 64. Principaux défis rencontrés par les vendeurs (%)

2.5.2 Stratégies pour améliorer l'interaction entre les vendeurs de pesticides et les agriculteurs

D'après les résultats de l'enquête, il apparaît que les participants manifestent un haut niveau de consensus quant à l'importance des interventions proposées visant à améliorer les compétences des vendeurs de pesticides. En effet, 57% se sont déclarés fortement d'accord et 43% plutôt d'accord sur la nécessité d'organiser régulièrement des formations axées sur les techniques de communication et la gestion des défis liés à la vente et à l'utilisation sécurisée des pesticides, traduisant ainsi une unanimité sur la pertinence de cette approche (**Tableau 16**). De même, une convergence claire émerge concernant le renforcement de la sensibilisation au respect des consignes sanitaires et environnementales (100% d'accord à des degrés différents), soulignant la conscience des participants de l'importance de ces pratiques dans la protection de la santé et de l'environnement. En outre, une préférence notable

s'exprime en faveur de l'adoption d'outils technologiques innovants, notamment les applications mobiles, ce qui reflète une ouverture aux solutions numériques comme vecteurs d'amélioration de la communication et de la diffusion des connaissances. En revanche, l'adhésion est plus nuancée concernant l'organisation d'ateliers et de conférences pour le partage d'expériences, ce qui peut traduire certaines perceptions relatives à la faisabilité ou à l'efficacité pratique de ce type d'activités. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que le développement de stratégies formatives combinant formation continue, actions de sensibilisation et intégration de solutions numériques pourrait s'avérer plus efficace que le recours exclusif aux canaux traditionnels de diffusion du savoir.

Tableau 16. Stratégies de communication et de sensibilisation liées à l'utilisation des pesticides

	Fortement d'accord (%)	D'accord (%)	Pas d'accord (%)
Formations régulières aux vendeurs sur la communication efficace et les défis potentiels	57	43	0
Sensibilisation aux consignes sanitaires/environnement	60	40	0
Développer des Outils de communication (applications mobiles)	70	26	4
Ateliers et conférences d'échange	46	43	11

2.5.3 Impact des problématiques liées aux pesticides sur la relation entre vendeurs et agriculteurs

Les résultats de questionnaire illustrent que la majorité des répondants estiment que les problématiques liées aux pesticides influencent de manière significative la relation entre vendeurs et agriculteurs (**Figure 65**). Un nombre important de participants considèrent que cet impact est fort, tandis qu'une proportion quasi équivalente juge que les répercussions existent mais restent limitées. Seule une minorité estime que ces problématiques n'affectent pas la relation. Ces résultats révèlent une prise de conscience marquée parmi la population cible quant aux répercussions des usages des pesticides sur la qualité de la communication et de la confiance entre les acteurs du secteur agricole. Ils mettent également en évidence la nécessité de prendre en charge ces questions, non seulement d'un point de vue technique et sanitaire, mais aussi pour consolider les relations professionnelles et promouvoir de meilleures pratiques dans l'utilisation sécuritaire des pesticides.

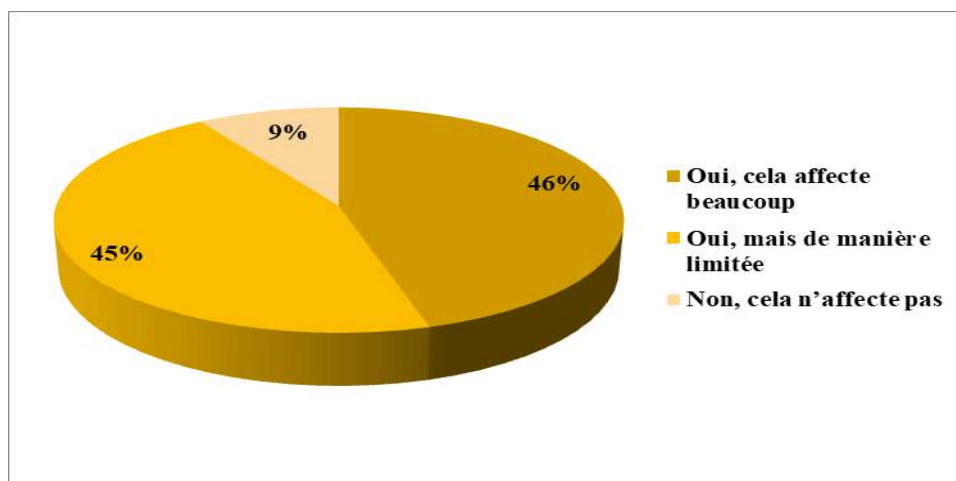


Figure 65. Perceptions de l'impact des problématiques liées aux pesticides

2.5.4 Difficultés rencontrées par les vendeurs dans la fourniture de pesticides adaptés aux besoins des agriculteurs

Les résultats du sondage présentés dans la figure 66 révèlent que les vendeurs de pesticides rencontrent des difficultés notables pour répondre pleinement aux besoins des agriculteurs. Une proportion significative des participants indique que ces difficultés sont fréquentes, tandis que d'autres précisent qu'elles surviennent uniquement dans certains cas.

En revanche, une minorité estime que les besoins des agriculteurs en pesticides sont globalement satisfaits sans obstacles majeurs. Ces observations traduisent une disparité dans le niveau de satisfaction concernant la disponibilité des produits adaptés, qui pourrait être liée à la diversité des conditions agricoles, au choix limité des produits ou à des lacunes dans la communication technique entre vendeurs et agriculteurs. D'un point de vue scientifique, il apparaît indispensable d'améliorer les mécanismes d'approvisionnement et le dialogue technique afin de garantir l'adéquation des pesticides proposés avec les exigences réelles du terrain et d'optimiser durablement la performance agricole.

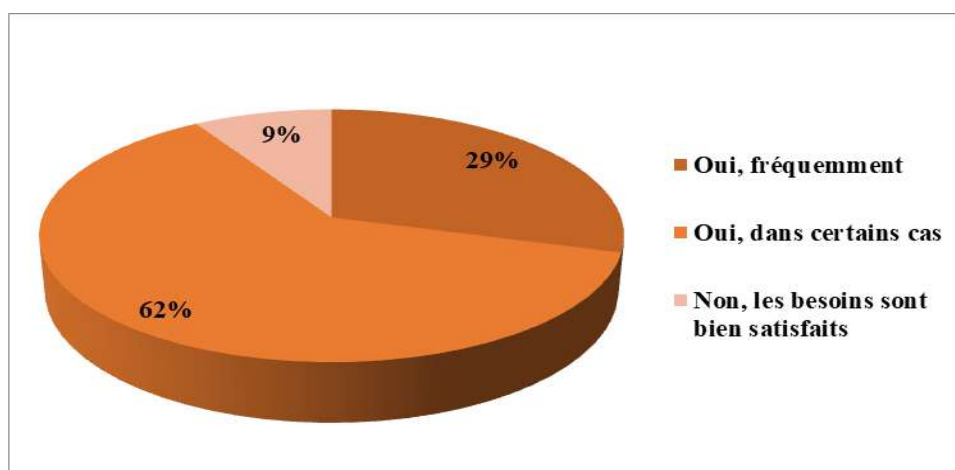


Figure 66. Perception des difficultés rencontrées

2.5.5 Degré d'engagement des agriculteurs à suivre les instructions des vendeurs de pesticides

Selon les résultats illustrés dans **la figure 67** indiquent que la majorité des vendeurs considèrent que l'engagement des agriculteurs à appliquer leurs recommandations sur l'utilisation des pesticides demeure variable. La plupart des vendeurs estiment que les agriculteurs suivent les instructions dans certains cas seulement, tandis qu'une proportion plus réduite les juge fortement engagés et constants dans le respect des consignes. À l'inverse, une minorité de vendeurs observe une absence quasi totale d'engagement de la part des agriculteurs. Ces perceptions reflètent un défi dans la transmission du savoir et le respect pratique des recommandations sur le terrain, soulignant l'importance de renforcer les programmes d'information et de sensibilisation adaptés à la réalité des agriculteurs. Il serait également pertinent d'améliorer les canaux de communication entre vendeurs et agriculteurs afin de favoriser une meilleure application des bonnes pratiques d'utilisation des pesticides.

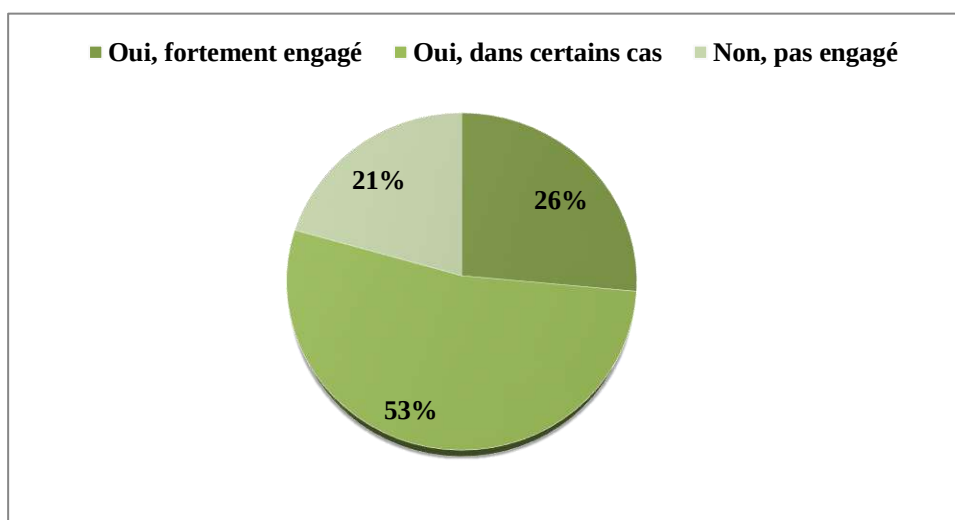


Figure 67. Degré d'engagement des agriculteurs

3. Conclusion

Ce second chapitre met en exergue la position stratégique, voire hégémonique, des vendeurs de pesticides au sein de l'écosystème phytosanitaire de la wilaya d'Oued Souf. En tant qu'intermédiaires incontournables, leur influence dépasse la simple fourniture d'intrants : ils s'imposent comme les véritables prescripteurs techniques, orientant de manière déterminante les décisions des agriculteurs et les modalités d'application des produits sur le terrain.

L'analyse souligne un paradoxe notable : bien que les vendeurs affichent un niveau de formation initiale globalement satisfaisant, leurs pratiques commerciales souffrent d'insuffisances structurelles. Le manque de formation continue et d'actualisation des connaissances limite leur capacité à transmettre des préconisations rigoureuses et adaptées aux spécificités locales. Cette situation est exacerbée par un cadre institutionnel et un suivi réglementaire dont l'hétérogénéité restreint la portée des actions de prévention et de conseil.

Par ailleurs, la nature fluctuante des relations entre les revendeurs et les instances officielles, notamment la Direction des Services Agricoles (DSA), révèle un déficit de coordination préjudiciable à la sécurité sanitaire. Ce cloisonnement entre les acteurs privés et les autorités publiques favorise le maintien de pratiques empiriques, souvent déconnectées des impératifs de protection environnementale et de santé publique.

En définitive, ce chapitre démontre que si les vendeurs de pesticides constituent le maillon central du dispositif de protection des cultures, ils demeurent une composante imparfaitement structurée de la filière. Leur influence sur les pratiques culturales est telle qu'il devient impératif de repenser leur intégration dans les politiques agricoles.

La durabilité du système agricole saharien dépendra, en grande partie, de la capacité à :

- Normaliser les pratiques de conseil pour sortir d'une logique purement commerciale.
- Renforcer la synergie entre les services de l'État (DSA) et le réseau de distribution privé.
- Institutionnaliser la formation continue des vendeurs pour en faire de véritables relais de l'agriculture durable.

CHAPITRE III :
Evaluation de résidu des
pesticides

1. INTRODUCTION

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartiennent toutes deux à la famille des Solanacées et occupent une place majeure dans l'alimentation humaine à l'échelle mondiale. Ces cultures constituent non seulement des piliers de la sécurité alimentaire, mais également des produits stratégiques pour l'économie agricole dans de nombreuses régions.

La tomate, originaire de la région andine en Amérique du Sud, est aujourd'hui cultivée dans presque tous les pays du monde en raison de sa grande valeur nutritionnelle et économique. Son fruit, une baie rouge généralement ronde ou allongée, possède une pulpe charnue et juteuse renfermant de nombreuses graines. Elle est reconnue comme un aliment protecteur grâce à sa richesse en composés bioactifs tels que le lycopène, le bêta-carotène, les flavonoïdes et la vitamine C, qui lui confèrent d'importantes propriétés antioxydantes **(Gerszberg *et al.*, 2015 ; Saidi Adimi, 2016)**.

De son côté, la pomme de terre est une plante herbacée autogame largement cultivée pour ses tubercules comestibles **(Ovchinnikova *et al.*, 2011)**. Originaire également des Andes, elle est devenue, après le riz et le blé, l'un des principaux aliments de base au monde. Sa production, présente dans plus de 160 pays, contribue aux quatre piliers de la sécurité alimentaire définis par la FAO disponibilité, accès, utilisation et stabilité **(FAO, 2025)**. Les nombreuses variétés existantes se distinguent par la forme, la couleur de la peau et de la chair, la précocité et la résistance aux maladies **(Akyol *et al.*, 2016)**.

Cependant, la production intensive de ces cultures nécessite souvent un recours massif aux produits phytosanitaires afin de lutter contre les bioagresseurs et les maladies. Cette utilisation fréquente de pesticides soulève d'importantes préoccupations sanitaires et environnementales, notamment la présence de résidus dans les denrées alimentaires. Une exposition chronique, même à faibles doses, à ces substances chimiques peut entraîner divers effets néfastes sur la santé humaine, tels que des perturbations endocriniennes, des troubles neurologiques ou des pathologies chroniques.

Dans ce contexte, l'évaluation des niveaux de contamination des légumes frais, en particulier la tomate et la pomme de terre, s'avère essentielle pour vérifier le respect des limites maximales de résidus (LMR) fixées par les normes internationales. Le présent chapitre vise ainsi à analyser les degrés de contamination de ces deux cultures par les résidus de pesticides, en s'appuyant à la fois sur des données expérimentales sur des statistiques officielles. L'analyse portera sur les types de substances détectées, leurs concentrations et leur fréquence

d'occurrence, afin de proposer des recommandations pour une gestion plus durable et sécurisée des intrants chimiques.

2. Résultats

2.1 Analyse de données statistiques de production agricole

2.1.1 Production et importance économique de la tomate en Algérie

La culture de la tomate occupe une place importante dans l'agriculture Algérienne. En 2019, la superficie totale consacrée à la tomate a atteint 24 994 hectares, pour une production nationale de 14 778 786 quintaux. Cette filière, contribue significativement à la sécurité alimentaire nationale. Malgré certains défis liés à la commercialisation et à la valorisation du produit, le secteur présente un fort potentiel de développement grâce à l'adoption de techniques agricoles modernes et au soutien de l'État.

Sur le plan de la production, la tomate industrielle a enregistré une hausse significative de 136%, attribuée à l'amélioration des rendements, passés d'environ 200 qx/ha entre 2000 et 2009 à plus de 500 qx/ha durant la période 2010-2017.

Les wilayas de Biskra, Tlemcen, Mostaganem, El-Oued et Tipaza (**Figure 68**), figurent parmi les principaux pôles agricoles pour la production de tomate en Algérie (**MADR, 2021**). Les données relatives aux superficies cultivées et aux volumes produits témoignent de la dynamique et de la diversité du secteur à travers ces régions. Chaque wilaya se distingue par son niveau d'investissement agricole et par l'adoption de techniques adaptées à ses conditions climatiques et environnementales, ce qui permet à certaines d'atteindre des rendements élevés malgré des superficies limitées.

La figure 69, illustre la répartition de la production de tomate (en quintaux) dans cinq grandes wilayas Algériennes, mettant en évidence des écarts significatifs entre les régions. Biskra occupe la première place avec une production dépassant trois millions de quintaux, confirmant ainsi son rôle de leader dans ce secteur. El-Oued suit avec un volume important supérieur à deux millions de quintaux, tandis que Tipaza et Mostaganem affichent des niveaux de production intermédiaires. Tlemcen, pour sa part, enregistre la production la plus faible parmi ce groupe. Cette répartition souligne l'importance de ces wilayas dans l'approvisionnement national en tomate et reflète la diversité et la vitalité du secteur agricole Algérien.

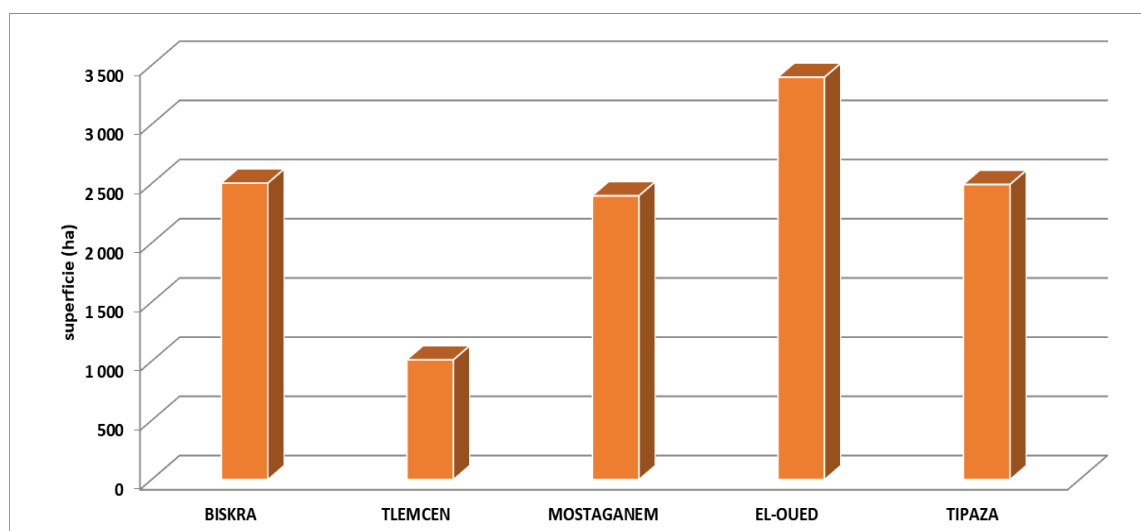


Figure 68. Principaux wilayas productrices de Tomate (2021)

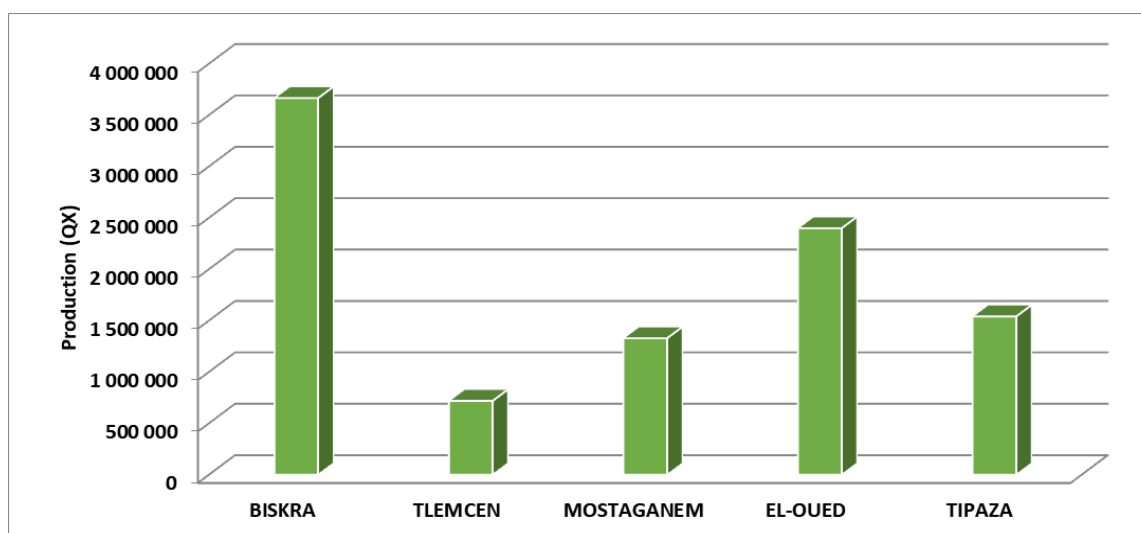


Figure 69. Production de Tomate (2021)

2.1.1.1 Production et importance économique de la tomate à El-Oued

La wilaya d'El-Oued s'est imposée comme un pôle majeur de la production de tomate de plein champ en Algérie, notamment grâce à une organisation agricole rigoureuse et une adaptation réussie aux conditions sahariennes.

Au cours de la dernière décennie, la culture de la tomate dans la wilaya d'El-Oued a connu une expansion significative, tant en termes de superficies cultivées que de volumes de production (Figure 70, 71). En moyenne, la superficie annuelle emblavée a atteint 3 398 hectares, pour une production avoisinant les 2 004 000 tonnes.

L'évolution des superficies cultivées sur cette période met en évidence une tendance haussière marquée à partir de 2014, culminant en 2021.

Au-delà de cette date, une relative stabilisation est observée, traduisant probablement une phase de saturation ou de maturité des investissements dans cette filière. Cette dynamique témoigne de l'importance stratégique de la culture de la tomate à El-Oued, tant pour la satisfaction de la demande nationale que pour la consolidation de l'autosuffisance alimentaire.

La figure 72 met en évidence l'écart significatif entre les superficies exploitées pour la culture de la tomate en plein champ et celles consacrées à la production sous serre. On constate que la culture de plein champ domine largement, représentant la majeure partie de la superficie totale, tandis que la contribution des serres reste relativement limitée. Cette différence reflète la prédominance des pratiques agricoles traditionnelles, alors que la culture sous serre est principalement utilisée pour la production précoce ou hors saison.

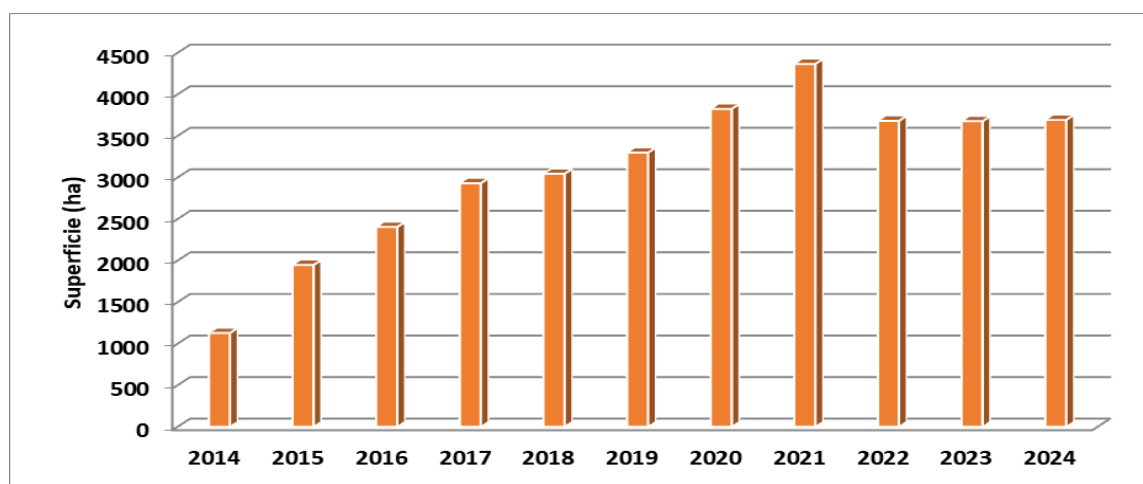


Figure 70. Évolution de la superficie de tomate cultivée (DSA, 2025)

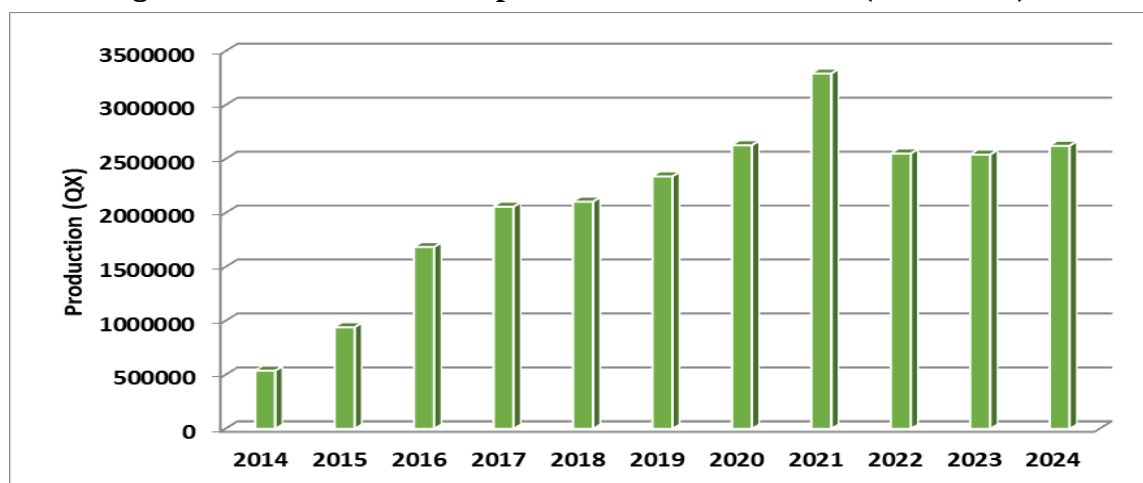


Figure 71. Évolution de la production de tomate (DSA, 2025)

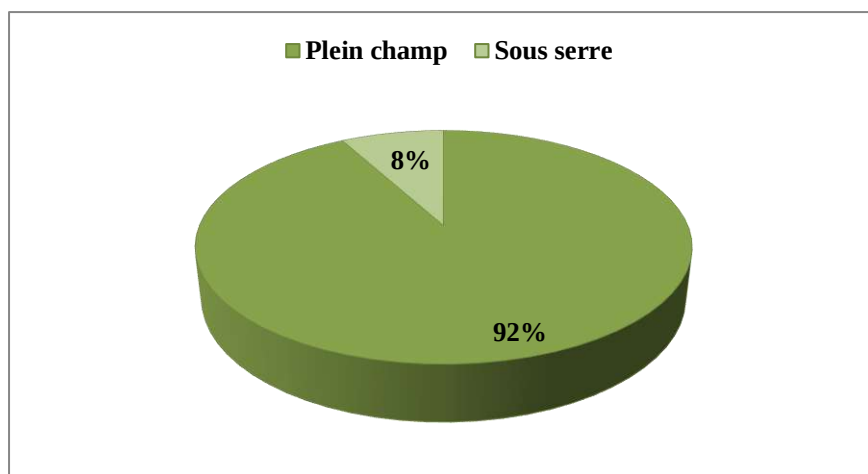


Figure 72. Différence entre la superficie cultivée en tomate

2.1.2 Production et importance économique de la pomme de terre dans le monde

La production mondiale de pommes de terre a été estimée à 374 millions de tonnes en 2022. D'un point de vue économique, la production mondiale de pommes de terre est dominée par quelques grands pays producteurs. Selon les données les plus récentes présenter dans le tableau 17, la Chine occupe la première suivie par l'Inde, tandis que l'Union européenne reste un acteur majeur, notamment grâce à des pays comme l'Ukraine, l'Allemagne, la France et les Pays-Bas.

Tableau 17. Principaux pays producteurs de pommes de terre (FAO, 2024)

Classement	Pays	Production (tonnes)
1	Chine	95631000
2	Inde	56176000
3	Ukraine	20899000
4	Russie	18888000
5	Etats-Unis d'Amérique	17792000
6	Allemagne	10683000
7	Bangladesh	10145000
8	France	8067000
9	Pakistan	7937000
10	Pays-Bas	6916000

2.1.2.1 Production et importance économique de la pomme de terre en Algérie

La filière de la pomme de terre occupe une place stratégique dans le système agricole Algérien, tant par son poids économique que par son rôle dans la sécurité alimentaire. Grâce aux efforts de développement engagés au cours des dernières années, l'Algérie s'est positionnée comme le deuxième producteur de pommes de terre en Afrique et dans le monde arabe, derrière l'Égypte.

En 2019, la production nationale a dépassé les 50 millions de tonnes, confirmant ainsi l'importance croissante de cette culture dans le paysage agricole du pays.

Sur le plan géographique, la production nationale est fortement concentrée dans quelques wilayas clés, qui forment le noyau stratégique de la filière. En première position se trouve la wilaya d'El Oued, qui se distingue par l'étendue de ses superficies cultivées et l'usage généralisé de systèmes d'irrigation modernes. À elle seule, elle assure 24 % de la production nationale, soit 12,14 millions de tonnes sur un total de 50,2 millions de tonnes. Elle est suivie par Ain Defla et Mostaganem, deux régions bénéficiant de conditions agro-climatiques favorables, de sols fertiles et d'un savoir-faire agricole bien établi. Ensemble, ces wilayas assurent l'approvisionnement régulier du marché national et participent à la stabilité globale de la filière (**Tableau 18**).

Tableau 18. Principaux wilayas productrices de pomme de terre (MADR, 2021)

Classement	Wilaya	Superficie (ha)	Production (QX)	Part national (%)
1	EL-OUED	37 000	12 140 000	24
2	AIN-DEFLA	17 008	6 062 127	12.1
3	MOSTAGANEM	16 189	5 245 110	10.5
4	MASCARA	14 609	3 878 400	7.7
5	TIARET	6 470	2 323 442	4.6

2.1.2.2 Production et importance économique de la pomme de terre à El-Oued

La culture de la pomme de terre dans la région constitue un pilier de l'activité agricole locale, en lien étroit avec les dynamiques économiques régionales. Cette région se distingue par des conditions climatiques et des sols uniques, ce qui la rend idéale pour cette culture.

Malgré les défis liés aux aléas climatiques, notamment les températures élevées, ainsi qu'aux contraintes topographiques (reliefs), les agriculteurs ont réussi à développer des techniques agricoles innovantes pour améliorer la productivité. Ces efforts ont permis de répondre aux

besoins du marché local et ont fait de la région l'un des plus grands producteurs de pommes de terre en Algérie.

La pomme de terre occupe une place prépondérante parmi les cultures maraîchères dans la région représentant à elle seule 74% de la production totale des légumes (**Figure 73**).

L'évolution de la culture de la pomme de terre entre 2011 et 2024 témoigne d'une dynamique agricole remarquable (**Figure 74**). Tout au long de cette période, la surface cultivée affiche une progression régulière, passant de 24 000 hectares en 2011 à un sommet de 49 000 hectares en 2020. Cette extension des terres s'est traduite par une augmentation significative de la production annuelle, qui a franchi la barre des 17 millions de tonnes lors de cette même année. Toutefois, à partir de 2021, aussi bien la superficie que le volume de production connaissent un léger recul, tout en demeurant supérieurs aux niveaux du début de la décennie. Cette tendance reflète la capacité du secteur à maintenir des performances élevées, même face à certains défis.

Le parallélisme observé entre la courbe de la surface cultivée et celle de la production illustre une forte corrélation positive, révélant une gestion efficace des ressources et l'adoption de techniques culturales avancées. En somme, ce dynamisme consolide la position de la pomme de terre comme culture stratégique, essentielle tant à la sécurité alimentaire qu'au développement économique régional.

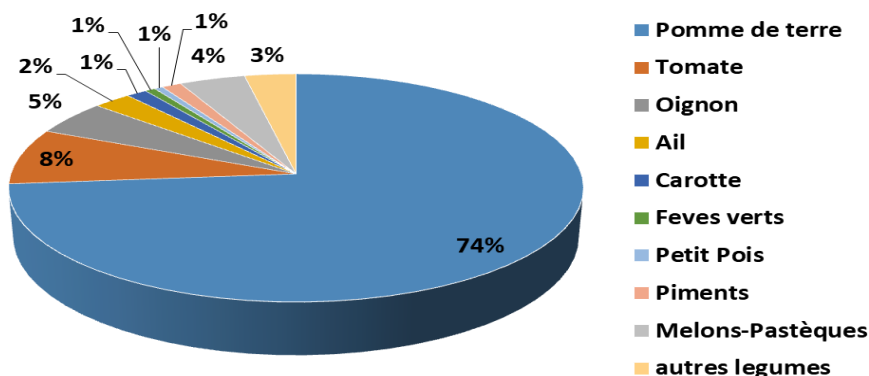


Figure 73. Cultures maraîchères de la région d'Oued Souf (DSA, 2025)

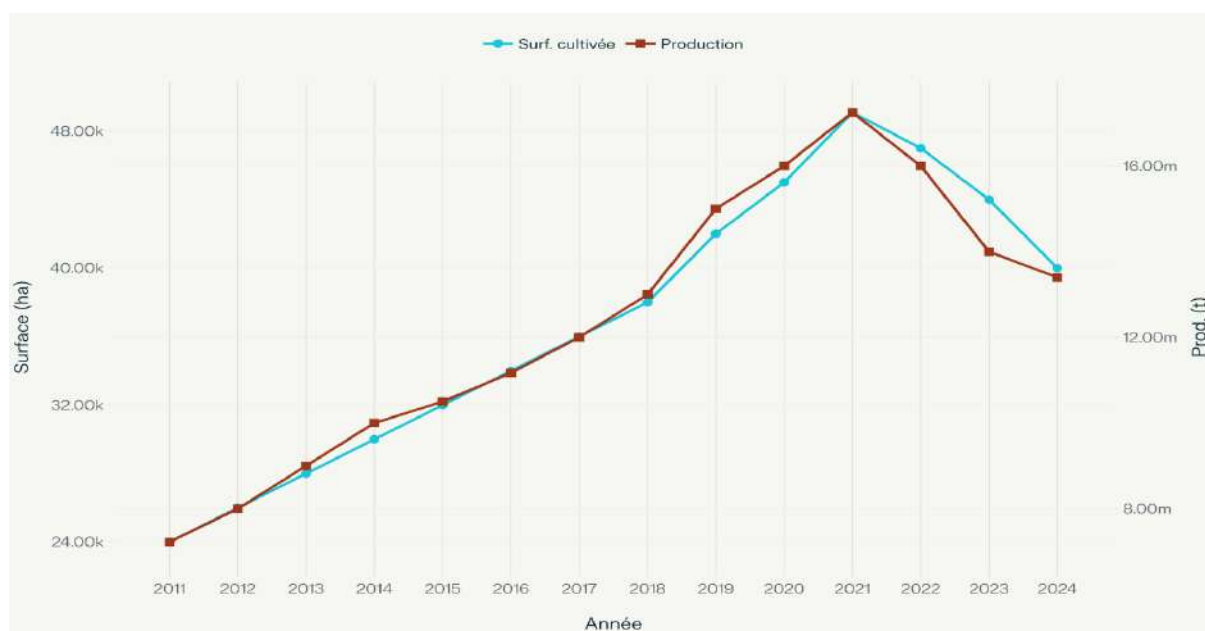


Figure 74. Évolution de la surface et de la production de pomme de terre (DSA, 2025)

2.2 Détermination des résidus de pesticides de tomate en plein champ et de pomme de terre

2.2.1 Détermination de la linéarité (Linéarité, R^2)

Des tests de linéarité ont été effectués pour tous les pesticides à l'aide de courbes d'étalonnage générées à partir de plusieurs concentrations. Les résultats ont montré que la plupart des composés présentent des coefficients de corrélation linéaire (R^2) élevés, généralement supérieurs à 0,99 (par exemple, Omethoate = 0,996 ; Monocrotophos = 0,9999), ce qui reflète une réponse précise et un comportement linéaire de l'appareil analytique dans la plage de concentrations utilisée. Ces valeurs confirment que la méthode est validée d'un point de vue quantitatif et qu'elle est capable de déterminer avec grande précision la concentration de chaque pesticide.

2.2.2 Détermination des limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ)

Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) ont été établies pour chaque pesticide analysé. Les valeurs de LOD relevées dans l'**annexe 5** varient entre 0,03 et 4,39 parties par milliard (ppb), tandis que les LOQ se situent entre 0,03 et 1,45 ppb. Ces seuils faibles témoignent de la haute sensibilité de l'instrument d'analyse, démontrant sa capacité à détecter et quantifier avec précision des concentrations très faibles de résidus de pesticides dans les échantillons étudiés.

2.2.3 Présentation des chromatogrammes d'optimisation

Les chromatogrammes (**Annexe 6**) illustrent les résultats de l'analyse des résidus de pesticides effectuée par LC-MS/MS. Chaque pic observé sur le chromatogramme correspond à l'élution d'un pesticide spécifique à un temps de rétention déterminé, ce qui permet l'identification et la quantification précises des composés présents dans l'échantillon analysé. La bonne résolution et la séparation nette des pics témoignent de l'optimisation efficace des paramètres chromatographiques ainsi que de la performance de la méthode analytique utilisée. L'absence de chevauchement significatif entre les pics confirme la capacité de la méthode à différencier plusieurs pesticides simultanément, même à des concentrations faibles.

2.2.4 Détermination des résidus de pesticides dans la tomate en plein champs

Dans les deux communes étudiées, des résidus de pesticides ont été détectés dans les échantillons de tomates. Les pesticides détectés et quantifiés sont essentiellement les fongicides et insecticides et herbicides .

2.2.4.1 Caractéristiques socio-démographiques des producteurs de tomates

Dans le cadre de cette étude, des informations détaillées ont été recueillies auprès des agriculteurs fournisseurs d'échantillons de tomates afin de mieux caractériser le contexte humain et socio-économique des pratiques agricoles locales.

L'âge des producteurs de tomates enquêtés dans cette étude varie entre 29 et 60 ans. La moyenne d'âge observée pour cet échantillon est de 41,6 ans, reflétant une représentation de différentes générations au sein du secteur maraîcher local. Cette diversité d'âges témoigne à la fois de l'expérience accumulée chez les producteurs plus âgés et du renouvellement progressif de la population agricole par des exploitants plus jeunes. Cette caractéristique démographique peut influencer les choix techniques, l'adoption de pratiques innovantes et la perception des enjeux liés à l'utilisation des produits phytosanitaires.

Parmi les agriculteurs enquêtés, la répartition des niveaux d'instruction, On observe que la majorité des producteurs de tomates ont atteint le niveau secondaire (57.1%). Cette prédominance d'agriculteurs de niveau secondaire suggère que ce groupe est le plus impliqué dans la production de tomates dans la zone étudiée, tandis que la présence relativement faible d'agriculteurs ayant un niveau universitaire (14.3%) ou seulement primaire (14.3%) reflète une certaine homogénéité du profil éducatif autour du secondaire.

En ce qui concerne l'usage des pesticides, les résultats révèlent que la majorité des molécules identifiées dans les échantillons appartiennent à la classe des insecticides, suivie par les herbicides, puis les fongicides. L'utilisation des acaricides est quant à elle très limitée, ce qui s'explique en grande partie par le fait que la plupart des insecticides employés possèdent également une action acaricide, offrant ainsi une double efficacité dans la gestion des bioagresseurs (**Figure 75**). Cette prédominance des insecticides traduit soit une pression parasitaire importante sur la culture de la tomate, soit une préférence des producteurs pour ce type de produits dans leur stratégie de protection phytosanitaire. Les applications de fongicides et d'herbicides demeurent également significatives, témoignant de la diversité des bioagresseurs ciblés par les agriculteurs.

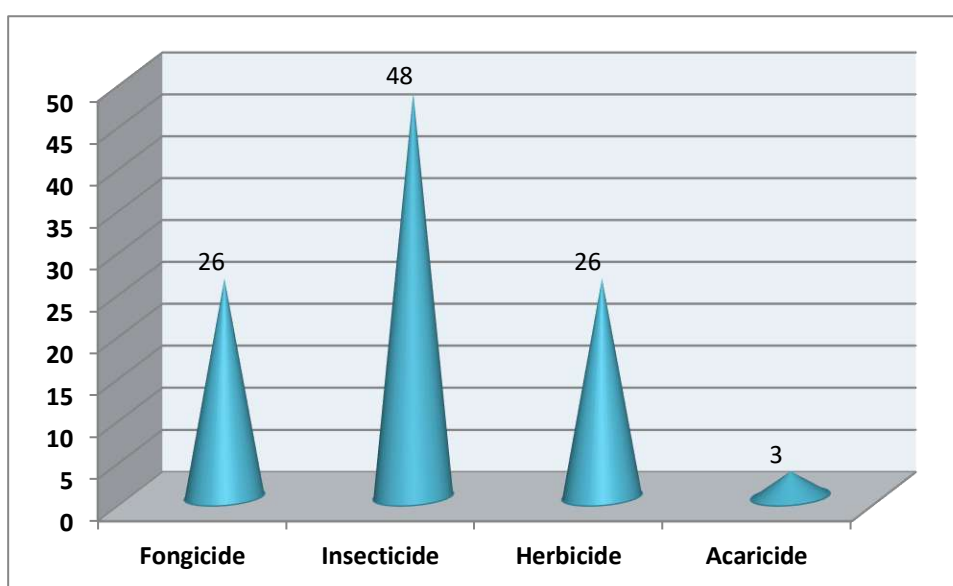


Figure 75. Pesticide déclarés selon leur classe chimique

2.2.4.2 Analyse des résidus de pesticides : concentrations et conformité aux LMR

L'analyse de vingt (20) échantillons de tomates cultivées en plein champ a mis en évidence la présence de plusieurs résidus de pesticides à des concentrations variables. L'étude a permis de détecter une diversité notable de pesticides dans les échantillons analysés, incluant des fongicides, insecticides, herbicides ainsi que des nématicides.

Le tableau 19 présente des informations détaillées sur la fréquence de détection, les concentrations mesurées et le respect des limites maximales de résidus (LMRs) établies par l'union européenne.

A. Fréquence et distribution des pesticides détectés

Les pesticides Propiconazole (stéréo isomère), Terbufos et Bromoxynil ont été les plus fréquemment détectés, chacun apparaissant dans 20 échantillons, ce qui suggère une utilisation répandue ou une persistance importante de ces substances dans l'environnement local. D'autres pesticides, tels que Phorate et Vamidothion, ont été détectés de manière plus sporadique, chacun dans un seul échantillon, ce qui pourrait refléter une utilisation plus restreinte ou une dégradation plus rapide dans le milieu.

B. Concentrations et variations

Les concentrations mesurées montrent une grande variabilité. Par exemple, l'insecticide Imidaclopride présente un niveau moyen relativement élevé (143,31 µg/kg) avec une large gamme allant de 0,27 à 1782,62 µg/kg, indiquant une hétérogénéité significative des niveaux de contamination entre les différents sites de prélèvement. À l'opposé, certains pesticides comme le Fénamiphos ont des concentrations très faibles (moyenne de 0,25 µg/kg), ce qui traduit leurs caractéristiques physico-chimiques ou leurs modes d'application.

C. Respect des limites maximales de résidus (LMRs)

La majorité des pesticides détectés respectent les seuils fixés par la législation européenne, ce qui est un indicateur rassurant quant à la qualité environnementale des sites étudiés. Toutefois, une dérogation notable a été recensée avec un dépassement des LMRs pour l'Imidaclopride, signifiant un potentiel risque sanitaire ou écologique nécessitant une surveillance renforcée.

D. Types de pesticides et implications

Les substances détectées appartiennent à différentes familles fonctionnelles :

- **Fongicides**, tels que le Propiconazole et le Tébuconazole, utilisés largement pour la protection contre les maladies fongiques.
- **Insecticides**, notamment le Terbufos et l'Imidaclopride, pouvant avoir des effets importants sur les écosystèmes dus à leur persistance.
- **Herbicides**, comme l'Atrazine-déséthyl et le Bromoxynil, employés pour le contrôle des mauvaises herbes.

Tableau 19. Distribution de la fréquence des pesticides détectés

Nom de pesticide	Type de pesticide	Nbr d'échantillons détecter	rang (ug/kg)	Average (ug/kg)	MRLs EU* ug/kg	Nbr de cas dépassant la LMR*
Propiconazole (stéréo isomère)	Fongicide	20	0.35- 40.85	14.94	100	0
Terbufos	Insecticide	20	0.19-16.24	8.16	NS	0
Bromoxynil	Herbicide	20	3.63-3.63	3.63	NS	0
Atrazine-déséthyl	Herbicide	18	0,15-19,64	7.33	NS	0
Chlorfenvinphos (E, Z)	Insecticide	17	0.48 – 5.63	2.86	NS	0
Mévinphos	Insecticide	18	0.88 – 76.2	45.91	NS	0
Méthiocarbe	Insecticide	15	2.26 – 454.4	193.91	NS	0
Imidaclopride	Insecticide	13	0.27-1782.62	143.31	500	1
Fenoxycarbe	Insecticide	15	0.10 – 7.58	4.84	NS	0
Tébuconazole	Fongicide	5	1.73-27.31	1.98	100	0
Fénamiphos	Nématicide/Insecticide	6	0.34-1.19	0.25	NS	0
Alachlore	Herbicide	5	1.74 – 10.08	3.84	NS	0
Diazinon	Insecticide	9	0.43 – 2.57	0.98	NS	0
Vamidothion	Insecticide	1	ND- 4.66	4.66	NS	0
Phosmet	Insecticide	1	ND – 6.92	6.92	NS	0
Phorate	Insecticide	1	ND – 721.69	721.69	NS	0
Triadiménol (isomère)	Fongicide	2	ND - 0.18	0.09	100	0
Prochloraz	Fongicide	2	ND - 0.07	0.03	NS	0

NS: signifie qu'aucune Limite Maximale de Résidus (LMR) n'a été établie; *Les valeurs des Limites Maximales de Résidus (LMR) sont issues de la base de données officielle de l'Union Européenne (European Commission, 2024) ; Seuls les pesticides ayant une LMR spécifique ont été inclus dans ce tableau.

2.2.4.3 Influence des facteurs sociodémographiques et géographiques sur la contamination par les pesticides : Analyse de variance

Une analyse de la variance à mesures multiples (ANOVA) a été conduite afin d'étudier l'effet du niveau d'éducation et de la commune sur le nombre de pesticides détectés dans les échantillons présenter dans le tableau 20. Les résultats, présentés dans le tableau ci-dessus, indiquent que le modèle global explique environ 60,8% de la variance totale du nombre de pesticides détectés ($R^2 = 0,608$; R^2 ajusté = 0,504), avec une signification statistique au niveau global ($F(4,15) = 5,819, p = 0,005$).

Concernant l'effet individuel des facteurs indépendants, le niveau d'éducation n'a pas montré d'influence significative sur le nombre de pesticides détectés, avec une valeur p supérieure au seuil de 0,05 ($F(3,15) = 2,601, p = 0,091$). En revanche, la commune a présenté un effet très significatif ($F(1,15) = 15,021, p = 0,001$), indiquant qu'il existe des différences statistiques notables entre les zones géographiques en ce qui concerne la quantité de pesticides détectés.

Ces résultats suggèrent que les facteurs géographiques (représentés par la commune) jouent un rôle plus déterminant que les facteurs socio-démographiques simples, tels que le niveau d'éducation, dans la variation des niveaux de contamination par les pesticides. Ceci peut être attribué à des différences dans les pratiques agricoles, les concurrence de voisinage , ou la vulgarisation agricole.

Tableau 20 : Résultats du test ANOVA à mesures multiples

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig. (p-value)
Corrected Model	94.133	4	23.533	5.819	0.005
Intercept	901.333	1	901.333	222.857	0.000
Niveau d'éducation	31.556	3	10.519	2.601	0.091
Commune	60.750	1	60.750	15.021	0.001
Error	60.667	15	4.044		

Note : $R^2 = 0,608$ (R^2 ajusté = 0,504)

3. Conclusion

Les analyses toxicologiques effectuées sur les échantillons de tomates cultivées en plein champ dans la wilaya d'El-Oued révèlent un profil sanitaire globalement rassurant. La majeure partie des prélèvements présente des concentrations en résidus de pesticides inférieures aux Limites Maximales de Résidus (LMR), à l'exception d'un dépassement spécifique concernant l'imidaclopride. Ces résultats suggèrent qu'une part significative des agriculteurs intègre désormais le respect des délais avant récolte (DAR) et tente de rationaliser l'usage des substances phytosanitaires.

Toutefois, la détection récurrente de plusieurs molécules, même à des taux conformes à la réglementation, soulève la question de l'effet cocktail et de l'exposition cumulative à long terme pour le consommateur. Les disparités observées entre les communes étudiées reflètent une hétérogénéité des itinéraires techniques : choix des matières actives, fréquence des traitements et précision des dosages. Ces variations soulignent également les inégalités d'accès à un conseil agricole de qualité.

Un enseignement majeur de cette étude est que le niveau d'instruction formelle des agriculteurs ne semble pas être le facteur prépondérant de la conformité des produits. Ce constat met en exergue la nécessité de repenser les stratégies de vulgarisation : l'enjeu ne réside pas seulement dans l'information théorique, mais dans l'adaptation des messages techniques aux réalités concrètes et aux contraintes du terrain saharien.

En conclusion, ce chapitre démontre que la sécurité sanitaire des productions maraîchères à Oued Souf est le résultat d'une interaction complexe entre comportements individuels et encadrement technique. Si la maîtrise des résidus dans la tomate est encourageante, elle pointe néanmoins les limites structurelles du système actuel. La pérennisation de cette sécurité repose sur :

- Un suivi réglementaire plus systématique et rigoureux.
- Une sensibilisation accrue sur les risques de l'exposition chronique, au-delà du simple respect des LMR.
- L'optimisation des programmes de conseil pour harmoniser les pratiques de traitement à l'échelle de la wilaya.

CHAPITRE IV :

Discussion

1. Discussion

Cette étude croisée, intégrant les dynamiques socio-démographiques des agriculteurs, les pratiques commerciales des vendeurs et les analyses de résidus sur les cultures, permet de dresser un panorama global de la gestion phytosanitaire dans la wilaya d'Oued Souf. La région se distingue par un capital humain exceptionnellement jeune et instruit, tant chez les producteurs que chez les distributeurs de pesticides. Cette vitalité démographique, impulsée par l'absence d'alternatives économiques dans une zone aride, fait de l'agriculture le moteur principal de l'emploi local, un constat qui rejoint les observations de **Dadamoussa (2017)** et de **Derderi et al. (2015)**. Ce socle humain est d'autant plus solide que le niveau d'instruction élevé observé corrobore les conclusions de **Damalas (2019)**, soulignant une capacité d'adaptation et une conscience professionnelle qui facilitent, en théorie, l'interprétation des notices techniques et la réduction des risques d'exposition, conformément aux travaux de **Mubushar et al. (2019)**.

Toutefois, ce potentiel humain ne peut être pleinement exploité s'il reste prisonnier des contraintes structurelles d'un modèle de production à haute intensité dans un environnement saharien particulièrement exigeant. En effet, la spécialisation maraîchère de la région, bien que rentable à court terme comme l'indiquent **Djoughri et al. (2023)**, impose une pression parasitaire constante. Les conditions environnementales liées à l'irrigation sous pivot en milieu désertique créent un microclimat contrasté : alors que l'aridité extrême devrait limiter certains pathogènes, l'apport massif d'eau et la chaleur intense favorisent au contraire le développement fulgurant de maladies fongiques et d'attaques de ravageurs tels que les thrips et les mouches blanches. Ces derniers sont identifiés par **Bernardino Hernández & Torres Aguilar (2023)** comme la menace biologique principale. Cette vulnérabilité pousse inévitablement les agriculteurs vers un usage prédominant de fongicides et d'insecticides, une tendance en parfaite adéquation avec les analyses de **Gaouar et al. (2021)**. Le recours massif à des molécules de synthèse, parfois de classe toxique élevée, concorde avec les résultats de **Soudani et al. (2020)** et confirme que la priorité reste la protection immédiate du rendement. L'éloignement géographique caractéristique des régions sahariennes par rapport aux grands centres urbains du Nord aggrave la dépendance aux pesticides. Cette marginalité spatiale limite souvent l'accès direct aux services techniques de pointe et aux alternatives agroécologiques, renforçant mécaniquement le rôle du vendeur de proximité comme unique pivot du système de conseil. En l'absence d'un encadrement étatique suffisant dû à l'immensité du territoire, les vendeurs s'imposent comme des vulgarisateurs et conseillers stratégiques incontournables, un rôle validé par les travaux **d'Ingram (2008)** et **d'Ahmed et al. (2024)**.

Bien que la majorité entretienne des relations avec la DSA, garantissant un certain contrôle en accord avec **Moreira & da Silva (2023)**, une partie du circuit échappe encore aux cadres institutionnels, rendant le contrôle phytosanitaire plus complexe dans ces zones reculées.

Ce rôle de conseiller est d'autant plus critique que l'étude révèle un contraste frappant entre la théorie et la pratique des mesures de sécurité, exacerbé par le climat saharien. Si l'adhésion aux gestes techniques est forte, l'usage des Équipements de Protection Individuelle (EPI) est presque inexistant. Les températures extrêmes de la région rendent le port de combinaisons de protection souvent insupportable, poussant les agriculteurs à négliger leur sécurité personnelle. Ce manque de protections rejoint les observations de **MacFarlane et al. (2013)** et de **Nguyen & Tsai (2024)**, expliquant la prédominance des symptômes cutanés et respiratoires relevés par **de-Assis et al. (2020)**. Par ailleurs, la gestion des déchets toxiques constitue le prolongement environnemental de cette faille. L'isolement géographique et l'absence de centres de traitement des déchets spécialisés dans le Sahara corroborent les analyses de **Yaseen (2021)**, favorisant l'incinération ou l'abandon d'emballages aux champs, ce qui, d'après **Lud et al. (2022)**, représente une menace directe pour les écosystèmes sahariens fragiles et les nappes phréatiques superficielles.

Malgré ces défis, l'analyse finale des produits offre un résultat paradoxal : un taux de conformité de 95 % des tomates aux limites maximales de résidus (LMR). Ce succès apparent, en plein accord avec **Reddy et al. (2007)** et **Nakhungu et al. (2022)**, est intrinsèquement lié à la particularité climatique du Sahara. Comme l'ont établi **Allen et al. (2015)**, l'ensoleillement intense et l'indice UV très élevé des régions sahariennes jouent un rôle de "filtre naturel" par le biais de la photodégradation rapide des molécules chimiques. Cependant, la détection persistante d'imidaclopride justifie les alertes de **Tao et al. (2019)** et de **Lei et al. (2023)**, rappelant que l'auto-épuration climatique du désert ne peut constituer une garantie de sécurité alimentaire absolue face à des molécules persistantes.

L'analyse statistique (ANOVA) renforce l'idée que la variabilité de ces résidus dépend principalement de facteurs géographiques et de pratiques locales plutôt que du niveau d'éducation, ce qui concorde avec les conclusions de **Tudi et al. (2021)**. Ce constat appelle à une standardisation des pratiques au niveau régional et à une transition urgente vers la lutte intégrée (IPM). L'intérêt croissant des agriculteurs pour les traitements préventifs et l'introduction d'alternatives écologiques comme le neem (*Azadirachta indica*), validées par **Muhammad & Kashere (2020)** et **Perveen (2024)**, tracent la voie vers une protection plus durable. La professionnalisation des vendeurs par une formation spécialisée dont l'efficacité a été mesurée par **Weerasinghe et al. (2018)** avec une amélioration des connaissances de 20 à

23 % ainsi qu'une meilleure coordination entre les agriculteurs, les vendeurs et les autorités agricoles, apparaissent comme les leviers indispensables pour transformer cette dynamique de jeunesse en un modèle agricole résilient, sécurisé et respectueux de l'environnement.

En conclusion, la problématique phytosanitaire à Oued Souf ne résulte pas d'une ignorance des acteurs, mais d'un dysfonctionnement structurel entre le potentiel humain et l'organisation opérationnelle du secteur. Le leadership agricole de la région peut être pérennisé en institutionnalisant le rôle de conseiller des vendeurs, en structurant la collecte des déchets toxiques et en favorisant les pratiques agroécologiques pour réduire la dépendance chimique du système intensif.

2. Obstacles méthodologiques

2.1 Obstacles rencontrés auprès des agriculteurs

2.1.1 Difficultés logistiques et matérielles

- La dispersion des exploitations agricoles sur de vastes étendues sahariennes prolonge considérablement les distances de déplacement et accroît les coûts de carburant et d'entretien quotidiens du véhicule.
- La nécessité d'utiliser un véhicule 4x4 s'impose en raison des routes non goudronnées et des dunes de sable, particulièrement après les vents sahariens.
- L'insuffisance d'aménagement des pistes rurales (trous, poussière, absence de signalisation) augmente les risques sécuritaires et limite le nombre de visites possibles par jour.
- Enfin, la faiblesse ou l'absence du réseau de communication dans certaines zones isolées entrave les contacts avec l'équipe ou en cas d'urgence, réduisant le sentiment de sécurité du chercheur.

2.1.2 Difficultés sociales et psychologiques

- La crainte des agriculteurs de divulguer des pratiques sensibles comme les surdosages ou mélanges de pesticides les oriente vers les vendeurs plutôt que de répondre directement.
- Le manque de confiance envers le chercheur extérieur génère des réponses formelles ou un évitement du dialogue, particulièrement sans garantie explicite de confidentialité.

- Des défis culturels spécifiques touchent la chercheuse confrontée au regard de la société traditionnelle, nécessitant l'accompagnement d'un intermédiaire local ou mahram pour assurer un confort mutuel lors des enquêtes.

2.1.3 Difficultés méthodologiques

- La constitution d'un échantillon représentatif se heurte au refus de certains agriculteurs ou à leur absence pendant les périodes de pointe agricole.
- Le risque de biais d'autocensure est élevé sur les sujets sensibles : les agriculteurs privilégient des réponses "correctes" théoriques plutôt que leurs pratiques réelles.
- Les écarts de niveau d'éducation empêchent parfois la compréhension précise des termes scientifiques, générant des données imprécises ou ambiguës.

2.1.4 Difficultés organisationnelles et légales

- L'insuffisance de coordination avec les services agricoles locaux (chambres d'agriculture, DSA) complique l'accès aux fermes.
- La sensibilité du thème "résidus pesticides" rend certains responsables réticents, craignant de ternir la réputation agricole régionale.
- L'absence de données officielles fiables sur le nombre d'agriculteurs et superficies cultivées entrave l'élaboration d'un plan d'enquête rigoureux.

2.1.5 Difficultés personnelles du chercheur

- L'épuisement physique lié à la chaleur extrême et aux longs déplacements dans les zones isolées est constant.
- La pression psychologique quotidienne due aux refus et esquives complique la conciliation travail de terrain/écriture académique.
- Des préoccupations sécuritaires spécifiques touchent la chercheuse dans les lieux isolés, aggravées par la faiblesse des communications.

2.2 Obstacles rencontrés auprès des vendeurs de pesticides

2.2.1 Obstacles temporels et organisationnels

- Le manque de temps dû à l'affluence continue des clients fragmente les entretiens, les rendant courts et superficiels.

2.2.2 Obstacles psychologiques et réserve professionnelle

- Non-réponse systématique aux questions techniques sensibles avec détournement vers des généralités.
- Réserve totale sur les prix des pesticides par crainte de concurrence ou contrôle administratif.
- Perception de l'entretien comme "contrôle officiel" incite à l'évitement ou justification plutôt qu'à la divulgation spontanée.

2.2.3 Obstacles logistiques

- Dispersion des vendeurs dans différentes communes complique la planification, la localisation exacte et multiplie les coûts de déplacement.

2.3 Obstacles analytiques dans l'étude des résidus

2.3.1 Obstacles liés à la collecte d'échantillons

- Réticence marquée des agriculteurs à fournir des échantillons pour analyse laborantine, par peur de résultats incriminants ou sanctions.
- Non-divulgation complète des pesticides utilisés : mention partielle ou sélective, occultant potentiellement d'autres composés appliqués.

2.3.2 Obstacles administratifs et logistiques

- laboratoire Refus initial et limitation du nombre d'analyses imposée par contraintes de capacité/quotas.
- Annulation post-extraction des échantillons pomme de terre malgré achèvement des préparations (stockés congelés).

2.3.3 Obstacles techniques réactifs/étalons

- Rareté des réactifs chimiques avec difficultés d'approvisionnement inter laboratoires.
- Absence d'étalons pour pesticides courants empêchant détection/quantification malgré usage réel.
- Transport chaîne froid El-Oued→Ouargla en moins de 24h.

2.4 Impact méthodologique et recommandations

Ces contraintes sahariennes spécifiques ont réduit la taille des échantillons (20 tomates seulement, aucune pomme de terre analysée) et biaisé certaines réponses, mais valident l'approche réaliste adoptée face aux réalités locales.

Conclusion générale et perspectives

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette recherche, l'étude du système phytosanitaire de la région d'Oued Souf s'affirme comme une contribution scientifique essentielle à la compréhension des enjeux agricoles en zones sahariennes. Par une approche multidimensionnelle, ce travail a permis de décrypter les interactions complexes entre les pratiques des producteurs, l'influence des distributeurs d'intrants et la réalité analytique de la sécurité sanitaire des récoltes.

Nos travaux révèlent que la gestion phytosanitaire à Oued Souf repose sur un équilibre fragile. L'agriculteur, pivot du système, évolue dans un environnement agroclimatique extrême où la pression des bio-agresseurs impose un recours intensif aux produits chimiques. Bien qu'une conscience des risques émerge, elle reste entravée par une formation spécialisée insuffisante et une dépendance accrue vis-à-vis des vendeurs de produits. Ces derniers, véritables prescripteurs de terrain, pallient les carences de la vulgarisation officielle, mais leur rôle demeure imparfaitement encadré, favorisant une transmission d'informations souvent plus commerciale que technique.

Le volet analytique apporte un éclairage nuancé : si la majorité des échantillons de tomates respecte les Limites Maximales de Résidus (LMR) — signe d'une appropriation progressive des Délais Avant Récolte (DAR) — cette conformité reste vulnérable. La détection persistante de substances actives comme l'imidaclopride souligne la persistance de pratiques à risque. Elle rappelle que la sécurité sanitaire ne doit pas se limiter au respect des seuils réglementaires, mais intégrer la gestion des risques d'exposition chronique pour le consommateur.

Pour garantir la pérennité du modèle agricole soufi, une réforme structurelle s'impose autour de trois axes prioritaires :

- Le renforcement des capacités des acteurs : Il est impératif de professionnaliser la filière par la formation continue des producteurs et l'institutionnalisation du rôle des distributeurs. Le passage d'un conseil informel à une prescription technique réglementée est une condition de la réduction des risques.
- L'évolution des modèles de production : La promotion de la Lutte Intégrée (IPM) et des solutions agroécologiques (biopesticides) doit devenir le socle d'une agriculture saharienne durable, affranchie de la dépendance au "tout-chimique".

- La pérennisation de la veille sanitaire : L'instauration d'un système de surveillance régulière des résidus, couplée au renforcement des laboratoires locaux, est indispensable pour assurer la traçabilité de la filière, du champ à l'assiette.

En conclusion, si la région d'Oued Souf fait preuve d'un dynamisme productif remarquable, sa transition vers un modèle d'excellence sanitaire nécessite une synergie renforcée entre recherche scientifique, politiques publiques et acteurs de terrain. Cette thèse ouvre ainsi des perspectives pour l'élaboration de stratégies de gestion des risques adaptées aux écosystèmes arides, où la protection de la santé et la préservation des ressources sont les piliers de la sécurité alimentaire de demain.

Reference bibliographique

Abreu-Villaça, Y., & Levin, E. D. (2017). Developmental neurotoxicity of succeeding generations of insecticides. *Environmental International*, 99, 55–77. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.11.019>

Ahmed, M. S., Begum, A., & Sarker, D. (2020). Determination of pre-harvest interval for dimethoate and quinalphos in selected vegetables. *Asian Australasian Journal of Bioscience and Biotechnology*, 5(1), 42-47.

Aissaoui, A. (2013). *Évaluation du niveau de contamination des eaux de barrage Hammam Grouz de la région de Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles* (Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou).

Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M. F., & Verardo, V. (2016). Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835. <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>

Allen, G., Halsall, C. J., Ukpebor, J., Paul, N. D., Ridall, G., & Wargent, J. J. (2015). Increased occurrence of pesticide residues on crops grown in protected environments compared to crops grown in open field conditions. *Chemosphere*, 119, 1428–1435. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.066>

Amani, D., & Matoub, I. (2017). *Contribution à la quantification et la gestion des produits phytosanitaires chez quelques vendeurs en Kabylie : Azeffoun, Dellys et Tizirt* (Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie).

Araújo, M. F., Castanheira, E. M. S., & Sousa, S. F. (2023). The Buzz on Insecticides: A Review of Uses, Molecular Structures, Targets, Adverse Effects, and Alternatives. *Molecules*, 28(8), 3641. <https://doi.org/10.3390/molecules28083641>

Benzine, M. (2006). Les pesticides : toxicité, résidus et analyse. Département des Produits Frais – Établissement Autonome de Contrôle et de Coordination des Exportations (EACC), *Les Technologies de Laboratoire*, (0), 1–24.

Bernardino Hernández, H. U., & Torres Aguilar, H. (2023). Health risk due to pesticide exposure in tomato (*Solanum lycopersicum*) crop in Oaxaca, Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo*, 55(2), 32-45.

Bettiche, F. (2017). Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. Ph.D. thesis. Deptt. of Agronomy, Univ. Mohamed Kheider-Biskra, Algeria.

Bettiche, F., Chaib, W., Halfadji, A., Mancner, H., Bengouga, K., & Grunberger, O. (2020). The human health problems of authorized agricultural pesticides: The Algerian case. *Microbial Biosystems*, 5(2), 2021.1031. <https://doi.org/10.21608/mb.2021.71824.1031>

Bi, R., Ou, M., Zhou, S., Geng, S., Zheng, Y., Chen, J., Mo, R., Li, Y., Xiao, G., Chen, X., Zhai, S., Zhang, A., & Fang, B. (2023). Degradation strategies of pesticide residue: From chemicals to synthetic biology. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 8, 302–313. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2023.03.005>

Bleyer, G., Schumacher, S., & Fuchs, R. (2024). Sulfur — a potential additive to increase the efficacy of copper-based fungicides against grapevine downy mildew. *OENO One*, 58(1). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.1.7429>

- Blom-Zandstra, G., & Michielsen, J.-M. (2020). Sustainable water use in potato production in Algeria: Introduction of a subsurface fertigation system in the desert. Wageningen Research, Report WPR-1017. <https://doi.org/10.18174/530075>
- Bouterfas, M., Fadlaoui, S., Chafik, Z., El Halouani, H., Melhaoui, M., & Chafi, A. (2020). Evaluation of farmers' phytosanitary practices in the plain of Triffa (Eastern Morocco), identification and evaluation of sanitary and environmental risks. *Moroccan Journal of Chemistry*, 8(2), 345-358.
- Cao, L., Kang, Q., & Tian, Y. (2024). Pesticide residues: Bridging the gap between environmental exposure and chronic disease through omics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 287, 117335. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117335>
- Charli, A., Jin, H., Anantharam, V., Kanthasamy, A., & Kanthasamy, A. G. (2016). Alterations in mitochondrial dynamics induced by tebufenpyrad and pyridaben in a dopaminergic neuronal cell culture model. *Neurotoxicology*, 53, 302–313. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.06.007>
- Chen, D.-D., Wang, Z.-B., Wang, L.-X., Zhao, P., Yun, C.-H., & Bai, L. (2023). Structure, catalysis, chitin transport, and selective inhibition of chitin synthase. *Nature Communications*, 14, 4776. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40479-4>
- Chowdhury, N. J., Akbor, M. A., Nahar, A., & Shaikh, M. A. A. (2024). Techniques for quantification of organochlorine pesticides from a validated method by using gas chromatography-electron capture detector. *Heliyon*, 10, e34548. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34548>
- Conley, J. M., Lambright, C. S., Evans, N., Cardon, M., Medlock-Kakaley, E., Wilson, V. S., & Gray, L. E. Jr. (2021). A mixture of 15 phthalates and pesticides below individual chemical no observed adverse effect levels (NOAELs) produces reproductive tract malformations in the male rat. *Environment International*, 156, 106615. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106615>
- Dadamoussa, M. L. (2017). Impacts de la mise en valeur agricole sur le développement rural dans les régions sahariennes cas de Ouargla, El-Oued et Ghardaïa. Ph.D. thesis. Deptt. of Agricultural Sciences, Univ. Kasdi Merbah Ouargla, Algeria.
- Dalmia, A., Cudjoe, E., Jalali, J., & Qin, F. (2021). A LC-MS/MS method with electrospray ionization and atmospheric pressure chemical ionization source for analysis of pesticides in hemp. *Journal of Cannabis Research*, 3(50). <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00106-9>
- Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2016). Farmers' Exposure to Pesticides: Toxicity Types and Ways of Prevention. *Toxics*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.3390/toxics4010001>
- Danso-Abbeam, G., Ehiakpor, D. S., & Aidoo, R. (2018). Agricultural extension and its effects on farm productivity and income: insight from Northern Ghana. *Agriculture & Food Security*, 7(74). <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0225-x>
- de-Assis, M. P., Barcella, R. C., Padilha, J. C., Pohl, H. H., & Krug, S. B. F. (2020). Health problems in agricultural workers occupationally exposed to pesticides. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, 18(3), 352-363. <https://doi.org/10.47626/1679-4435-2020-532>

Derderi, A., Daoudi, A., & Colin, J.-P. (2015). Les jeunes agriculteurs itinérants et le développement de la culture de la pomme de terre en Algérie : L'émergence d'une économie réticulaire. *Cahiers Agricultures*, 24, 387-395. <https://doi.org/10.1684/agr.2015.0784>

Derkaoui, A., Elbouazzaoui, A., Elhouari, N., Achour, S., Labib, S., Sbai, H., Harrandou, M., Khatouf, M., & Kanjaa, N. (2011). Intoxication aiguë sévère par les pesticides organophosphorés: à propos de 28 cas [Severe acute poisoning by organophosphorus pesticides: Report of 28 cases]. *Pan African Medical Journal*, 8, 16.

Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques (INDEX). (2017). *Index Algérien des produits phytosanitaires*. Algérie.

Dissanayake, K. N., Chou, R. C.-C., Thompson, A., Margetiny, F., Davie, C., McKinnon, S., Patel, V., Sultatos, L., McArdle, J. J., Clutton, R. E., Eddleston, M., & Ribchester, R. R. (2021). Impaired neuromuscular function by conjoint actions of organophosphorus insecticide metabolites omethoate and cyclohexanol with implications for treatment of respiratory failure. *Clinical Toxicology*, 59(12), 1239–1258. <https://doi.org/10.1080/15563650.2021.1916519>

Djoughri, N., Boualem, B., & DadaMoussa, M L. (2023). Study of the Sustainability of Potato Farms in the Region of Oued Souf (Southern Algeria). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(2), 197-201. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i2.197-201.4861>

DSA. (2024). Direction des Services Agricoles. Rapport, données statistiques.

El Mrabet, K. (2008). *Développement d'une méthode d'analyse de résidus de pesticides par dilution isotopique associée à la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem dans les matrices céréalières après extraction en solvant chaud pressurisé* (Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie).

European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety. (2009). *Method validation and quality control procedures for pesticide residues analysis in food and feed* (Document No. SANCO/10684/2009). Mise en œuvre au 01/01/2010. http://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/monitoring_quality_control_sanco_10684-2009_en.pdf

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). (2022). *World Food and Agriculture Statistical Yearbook*. FAO; Rome (Italy)

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). (2024). *World Food and Agriculture Statistical Yearbook*. FAO; Rome (Italy)

Gaouar, Z. L., Chefirat, B., Saadi, R., Djelad, S., & Rezk-Kallah, H. (2021). Pesticide residues in tomato crops in Western Algeria. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*. <https://doi.org/10.1080/19393210.2021.1953156>

Garud, A., Pawar, S., Patil, M. S., Kale, S. R., & Patil, S. (2024). A Scientific Review of Pesticides: Classification, Toxicity, Health Effects, Sustainability, and Environmental Impact. *Cureus*, 16(8), e67945. <https://doi.org/10.7759/cureus.67945>

Gatignol, C., & Etienne, J.-C. (2010). *Rapport sur les pesticides et la santé*. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

- Gebretsadkan, A., Araya, A., Tquabo, F., Beyene, G., Berhane, H., Gebreslassie, L., Taju, S., Welday, T., Tsehay, H., & Fitwy, I. (2025). Knowledge and practice of farmers on safe use and handling of chemical pesticides: in the case of Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Integrated Pest Management*, 16(1), 9. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaf006>
- Gerszberg, A., Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T., & Kononowicz, A. K. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the service of biotechnology. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 120, 881–902. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0664-4>
- Gianessi, L. P. (2013). The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Management Science*, 69, 1099–1105. <https://doi.org/10.1002/ps.3598>
- González-Curbelo, M.Á.; Varela-Martínez, D.A.; Riaño-Herrera, D.A. Pesticide-Residue Analysis in Soils by the QuEChERS Method: A Review. *Molecules* 2022, 27, 4323. <https://doi.org/10.3390/molecules27134323>
- Gouri, S., Djaaboub, S., Berroukeche, F., Bouzid, M., Guenaia, A., & Tidjini, A. (2024). Assessment of the compliance of phytosanitary product usage practices and their impact on the environment: Case of the Bechar region (Algeria). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(4), 1-14. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n4-132>
- Grba, D. N., Blaza, J. N., Bridges, H. R., Agip, A.-N. A., Yin, Z., Murai, M., Miyoshi, H., & Hirst, J. (2022). Cryo-electron microscopy reveals how acetogenins inhibit mitochondrial respiratory complex I. *Journal of Biological Chemistry*, 298(3), 101602. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2022.101602>
- Ingram, J. (2008). Agronomist–farmer knowledge encounters: An analysis of knowledge exchange in the context of best management practices in England. *Agriculture and Human Values*, 25(3), 405–418. <https://doi.org/10.1007/s10460-008-9134-0>
- Islam, T., Danishuddin, D., Tamanna, N. T., Matin, M. N., Barai, H. R., & Haque, M. A. (2024). Resistance Mechanisms of Plant Pathogenic Fungi to Fungicide, Environmental Impacts of Fungicides, and Sustainable Solutions. *Plants*, 13(19), 2737. <https://doi.org/10.3390/plants13192737>
- Istriningsih, Y. A. D., Yulianti, A., Hanifah, V. W., Jamal, E., Dadang, Sarwani, M., Mardiharini, M., Anugrah, I. S., Darwis, V., Suib, E., Herteddy, D., Sutriadi, M. T., Kurnia, A., & Harsanti, E. S. (2022). Farmers' knowledge and practice regarding good agricultural practices (GAP) on safe pesticide usage in Indonesia. *Heliyon*, 8(2), e08708. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08708>
- Ivanović, M. (2022). Dobra poljoprivredna praksa u primeni sredstava za zaštitu bilja [Good agricultural practice in the use of plant protection products]. *Biljni Lekar / Plant Doctor*, 50(3-4), 195-258. Syngenta Agro d.o.o., Beograd.
- Jadav, N. B., Parmar, S. J., & Chhadvadia, H. C. (2024). Assessment of knowledge of agro-input dealers gained through certificate course on insecticide management. *Gujarat Journal of Extension Education*, 37(2), 143-147. <https://doi.org/10.56572/gjoe.2024.37.2.0024>
- Kalogiannidis, S., & Syndoukas, D. (2024). The impact of agricultural extension services on farm output: A worldwide viewpoint. *Research on World Agricultural Economy*, 5(1), 96–114. <https://doi.org/10.36956/rwae.v5i1.999>

- Kalyabina, V. P., Esimbekova, E. N., Kopylova, K. V., & Kratasyuk, V. A. (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health – a review. *Toxicology Reports*, 8, 1179–1192. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.06.004>
- Karlsson Green, K., Stenberg, J. A., & Lankinen, Å. (2020). Making sense of Integrated Pest Management (IPM) in the light of evolution. *Evolutionary Applications*, 13, 1791–1805. <https://doi.org/10.1111/eva.13067>
- Khalidi, N., Aissa. S. (2017). *La situation de la vulgarisation agricole en Algérie (Étude de l'encadrement technique des agriculteurs). Cas de la wilaya de Tiaret* (Mémoire de master). Université Ibn Khaldoun - Tiaret. <http://dspace.univ-tiaret.dz:80/handle/123456789/3834>
- Kumar, A., Takeshima, H., Thapa, G., Adhikari, N., Saroj, S., Karkee, M., & Joshi, P. K. (2020). Adoption and diffusion of improved technologies and production practices in agriculture: Insights from a donor-led intervention in Nepal. *Land Use Policy*, 95, 104621. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104621>
- Larson, N. R., Carlier, P. R., Gross, A. D., Islam, R. M., Ma, M., Sun, B., Totrov, M. M., Yadav, R., & Bloomquist, J. R. (2016). Toxicology of potassium channel-directed compounds in mosquitoes. *NeuroToxicology*. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2016.05.021>
- Lei, Y., Luo, Y., Fang, N., Li, Y., Wang, X., He, H., Jiang, J., Yu, J., Zhang, C., & Zhao, X. (2023). Residues and Dietary Risk Assessment of Imidacloprid in Bamboo Shoot (*Phyllostachys praecox*), Winter Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao), *Dendrobium officinale* Kimura et Migo, and *Fritillaria*. *Agronomy*, 13(4), 1076. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041076>
- Li, H., Wu, J., Chen, C., Xin, W., & Zhang, W. (2021). Simultaneous determination of 74 pesticide residues in *Panax notoginseng* by QuEChERS coupled with gas chromatography tandem mass spectrometry. *Food Science and Human Wellness*, 10, 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.02.014>
- López, B. C., Gómez, Á. S., Rey, G. M., Cancho, G. B., & Simal, G. J. (2005). Determination of carbamates and organophosphorus pesticides by SDME–GC in natural water. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 383(4), 557–561.
- Loucif, M., & Namoussa, M. (2019). Importance et distribution des nématodes à kystes (Globodera) sur la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans la wilaya d'El Oued (région de Souf) [Mémoire de Master, Université d'El Oued, K. (2020). Pesticide use and risk perceptions for human health and the environment: A case study of Algerian farmers. *Il Ponte*, 76(5/1), 10–28. <https://doi.org/10.21506/j.ponte.2020.5.2>
- Lud, D., Schwemm, A., Kalandadze, B., Babaev, E., Simon, M. P., Weller, P., & Düring, R.-A. (2022). Pesticide handling and waste management: a case study on DDT and HCHs from the Southern Caucasus. *SN Applied Sciences*, 4, 112. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-04999-w>
- Lümmen, P., Khajehali, J., Luther, K., & Van Leeuwen, T. (2014). The cyclic keto-enol insecticide spirotetramat inhibits insect and spider mite acetyl-CoA carboxylases by interfering with the carboxyltransferase partial reaction. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.09.010>

- Ma, S., Ma, T., Ren, M., Li, H., & Ma, Z. (2021). Insecticidal action of the botanical insecticide wilforine on *Mythimna separata* (Walker) related with the changes of ryanodine receptor expression. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 213, 112025. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112025>
- MacFarlane, E., Carey, R., Keegel, T., El-Zaemay, S., & Fritschi, L. (2013). Dermal Exposure Associated with Occupational End Use of Pesticides and the Role of Protective Measures. *Safety and Health at Work*, 4(3), 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2013.07.004>
- MacLachlan DJ, Hamilton D. Estimation methods for maximum residue limits for pesticides. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2010 Nov 1;58(2):208-218. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2010.05.012>
- Mahdavi, V., Gordan, H., Ramezani, S., & Mousavi Khaneghah, A. (2022). National probabilistic risk assessment of newly registered pesticides in agricultural products to propose maximum residue limit (MRL). *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21825-3>
- McLaughlin, M. S., Roy, M., Abbasi, P. A., Carisse, O., Yurgel, S. N., & Ali, S. (2023). Why Do We Need Alternative Methods for Fungal Disease Management in Plants? *Plants*, 12, 3822. <https://doi.org/10.3390/plants12223822>
- Mebdoua, S. (2017). *Recherche des résidus de pesticides dans quelques cultures stratégiques en Algérie* (Thèse de doctorat en sciences, École Nationale Supérieure Agronomique).
- Moreira, A., & da Silva, M. V. (2023). Pesticide Application as a Risk Factor/Behaviour for Workers' Health: A Systematic Review. *Environments*, 10(9), 160. <https://doi.org/10.3390/environments10090160>
- Mubushar, M., Aldosari, F. O., Baig, M. B., Alotaibi, B. M., & Khan, A. Q. (2019). Assessment of farmers on their knowledge regarding pesticide usage and biosafety. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 1903–1910. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.03.001>
- Muhammad, A., & Kashere, M. A. (2020). Neem, *Azadirachta indica* L. (A. Juss): An eco-friendly botanical insecticide for managing farmers' insects pest problems - A review. *FUDMA Journal of Sciences*, 4(4), 484-491. <https://doi.org/10.33003/fjs-2020-0404-506>
- Muzafar Riyaz, Rauf Ahmad Shah and Kuppusamy Sivasankaran.(2021) Pesticide Residues: Impacts on Fauna and the Environment. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.98379>
- Mwanja, M., Jacobs, C., Mbewe, A. R., & Munyinda, N. S. (2017). Assessment of pesticide residue levels among locally produced fruits and vegetables in Monze district, Zambia. *International Journal of Food Contamination*, 4(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40550-017-0056-8>
- Nakhungu, V. M., Keraka, M. N., Abong'o, D. A., & Warutere, N. P. (2022). Comparison of pesticide residue levels in tomatoes from open fields, greenhouses, markets and consumers in Kirinyaga County, Kenya. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 14(6), 1–10
- Naviglio, D., Scarano, P., Ciaravolo, M., & Gallo, M. (2019). Rapid Solid-Liquid Dynamic Extraction (RSLDE): A Powerful and Greener Alternative to the Latest Solid-Liquid Extraction Techniques. *Foods*, 8(7), 245. <https://doi.org/10.3390/foods8070245>

Nguyen, D., & Tsai, C. S. J. (2024). Inadequate Personal Protective Equipment Factors and Odds Related to Acute Pesticide Poisoning: A Meta-Analysis Report. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(3), 257. <https://doi.org/10.3390/ijerph21030257>

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2019). *Classification OMS recommandée des pesticides en fonction des dangers qu'ils présentent, et lignes directrices pour la classification* (pp. 3–4).

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2022). *Résidus des pesticides dans les aliments*

Ötles, S., & Kartal, C. (2016). Solid-Phase Extraction (SPE): Principles and applications in food samples. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 15(1), 5–15. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.1.1>

Ovchinnikova, A., Krylova, E., Gavrilenko, T., Smekalova, T., Zhuk, M., Knapp, S., & Spooner, D. M. (2011). Taxonomy of cultivated potatoes (*Solanum* section *Petota*: *Solanaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 165(2), 107–155. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.01107.x>

Oyinloye, T. M., & Yoon, W. B. (2020). Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. *Processes*, 8(3), 354. <https://doi.org/10.3390/pr8030354>

Palanichamy, N. V., Pavithra, S., Kalpana, M., & Balakrishnan, N. (2024). Determinants of Tomato Seed Purchasing Decisions among Coimbatore Farmers. *Journal of Advances in Food Science & Technology*, 11(2), 63-70. <https://doi.org/10.56557/JAFSAT/2024/v11i28685>

Parven, A., Md Meftaul, I., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2024). Herbicides in modern sustainable agriculture: environmental fate, ecological implications, and human health concerns. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22, 1181–1202. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05818-y>

Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 13, 962619. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>

Peralta, I. E., & Spooner, D. M. (2001). Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany*, 88(10), 1888–1902. <https://doi.org/10.2307/3558365>

Perveen, K. (2024). Neem's promise: The way to a sustainable future and eco-friendly biopesticides. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(02), 1073–1082. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.2.0532>

Pilarczyk, M., & Konodyba-Rorat, B. (2023). Management and monitoring of plant protection products in agriculture with regard to human and animal health. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Agric., Aliment., Pisc., Zootech.*, 369(68)4, 43–51. <https://doi.org/10.21005/AAPZ2023.68.4.5>

- Pramanik, S., Islam, A. S. M., Ghosh, I., & Ghosh, P. (2024). Supramolecular chemistry of liquid–liquid extraction. *Chemical Science*, 15, 7824–7847. <https://doi.org/10.1039/d4sc00933a>
- Prodhan, M. D. H., Begum, A., Afroze, M., Ahmed, M. S., Dutta, N. K., & Sarker, D. (2022). Development of analytical method for pesticide residue determination using LC-MS/MS. *Asian Australasian Journal of Food Safety and Security*, 6(2), 65–72. <https://doi.org/10.3329/aaajfss.v6i2.62984>
- Prosen, H. (2014). Applications of Liquid-Phase Microextraction in the Sample Preparation of Environmental Solid Samples. *Molecules*, 19(5), 6776–6808. <https://doi.org/10.3390/molecules19056776>
- Reddy, S. G. E., Sharma, D., & Kumar, N. (2007). Residues of insecticides on sweet pepper and tomato grown under greenhouse and open field cultivation. *Pesticide Research Journal*, 19(2), 239–243.
- Rijal, J. P., Regmi, R., Ghimire, R., Puri, K. D., Gyawaly, S., & Poudel, S. (2018). Farmers' Knowledge on Pesticide Safety and Pest Management Practices: A Case Study of Vegetable Growers in Chitwan, Nepal. *Agriculture*, 8(1), 16. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010016>
- Sahyoun, W., Net, S., Baroudi, M., & Ouddane, B. (2022). *Monitoring of pesticides residues in fruits and vegetables: Method optimization and application*. *Food Bioscience*, 50, Article 102175. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102175>
- Saidi Adimi, I. (2019). *Recherche et analyse des résidus de pesticides dans la tomate et la courgette cultivées dans la région de Boudouaou et Douaouda* (Thèse de doctorat d'État en sciences agronomiques, École Nationale Supérieure Agronomique).
- Saini, B., & Mathur, P. (2025). Toxicity And Risk Assessment of Sodium Fluoride at LD50 Concentration. *Cuestiones de Fisioterapia*, 54(4), 6923–6929.
- Sánchez-Bayo, F. (2021). Indirect Effect of Pesticides on Insects and Other Arthropods. *Toxics*, 9(8), 177. <https://doi.org/10.3390/toxics9080177>
- Satyavani, G., Chandrasehar, G., Varma, K. K., Goparaju, A., Ayyappan, S., Neelakanta Reddy, P., & Balakrishna Murthy, P. (2012). Toxicity Assessment of Expired Pesticides to Green Algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *ISRN Toxicology*, 2012, Article ID 247072. <https://doi.org/10.5402/2012/247072>
- Schmid, S., Song, Y., & Tollefsen, K. E. (2021). AOP Report: Inhibition of Chitin Synthase 1 Leading to Increased Mortality in Arthropods. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(8), 2112–2120. <https://doi.org/10.1002/etc.5058>
- Schreinemachers, P., Chen, H.-p., Nguyen, T. T. L., Buntong, B., Bouapao, L., Gautam, S., Le, N. T., Pinn, T., Vilaysone, P., & Srinivasan, R. (2017). Too much to handle? Pesticide dependence of smallholder vegetable farmers in Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 593–594, 470–477. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.181>
- Ścigalski, P., & Kosobucki, P. (2020). Recent Materials Developed for Dispersive Solid Phase Extraction. *Molecules*, 25(21), 4869. <https://doi.org/10.3390/molecules25214869>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P.,

- Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(1446). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Siegwart, M. (2019, février). *Mode d'action des insecticides*. Colloque Résistance aux Pesticides, 14-15 février 2019, Montréal. INRA.
- Silva, V., Gai, L., Harkes, P., Tan, G., Ritsema, C. J., Alcon, F., Contreras, J., Abrantes, N., Campos, I., Baldi, I., Bureau, M., Christ, F., Mandrioli, D., Sgargi, D., Pasković, I., Polić Pasković, M., Glavan, M., Hofman, J., Huerta Lwanga, E., ... Geissen, V. (2023). Pesticide residues with hazard classifications relevant to non-target species including humans are omnipresent in the environment and farmer residences. *Environment International*, 181, 108280. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108280>
- Sopkoutie, N. G. K., Abdulai, A. N., Tarla, D. N., Galani, Y. J. H., Djeugap, F. J., Ekengoue, C. M., Tabang, W. M., Nya, E., & Payne, V. K. (2021). Phytosanitary practices and evaluation of 17 pesticides residues in tomatoes fruits produced in Foubot district Western Highland -Cameroon. *European Scientific Journal*, 17(3), 30. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p30>
- 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), 184-192. <https://doi.org/10.21608/ejar.2022.98149.1157>
- Staudacher, P., Brugger, C., Winkler, M. S., Stamm, C., Farnham, A., Mubeezi, R., Eggen, R. I. L., & Günther, I. (2021). What agro-input dealers know, sell and say to smallholder farmers about pesticides: a mystery shopping and KAP analysis in Uganda. *Environmental Health*, 20, 100. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00775-2>
- Straw, E. A., Kelly, E., & Stanley, D. A. (2023). Self-reported assessment of compliance with pesticide rules. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 254, 114692. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114692>
- Sule, R. O., Condon, L., & Gomes, A. V. (2022). A Common Feature of Pesticides: Oxidative Stress —The Role of Oxidative Stress in Pesticide-Induced Toxicity. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, Article ID 5563759. <https://doi.org/10.1155/2022/5563759>
- Tambo, J. A., Holmes, K. A., Aliamo, C., Mbugua, F., Aloit, C., Muzira, F., Byamugisha, A., & Mwambu, P. (2024). The role of agro-input dealer certification in promoting sustainable pest control: Insights from Uganda. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(1), 2299181. <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2299181>
- Tao, Y., Dong, F., Xu, J., Phung, D., Liu, Q., Li, R., Liu, X., Wu, X., He, M., & Zheng, Y. (2019). Characteristics of neonicotinoid imidacloprid in urine following exposure of humans to orchards in China. *Environment International*, 132, 105079. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105079>
- Terziev, V., & Petkova-Georgieva, S. (2019). The pesticides toxic impact on the human health condition and the ecosystem. *IJASOS - International E-Journal of Advances in Social Sciences*, 5(15), 1314-1320. <http://ijasos.ocerintjournals.org>
- Toumi, K., Joly, L., Soudani, N., Abbes, A., Schiffers, B., & Glida-Gnidez, H. (2022). Pesticide Use in Market Gardening and Perceived Risk of Consumers Exposed to Pesticide

Residues. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(6), 1072-1082. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i6.1072-1082.5002>

Tria, D., Alghorbany, A., Bin Muhamad, A. I., & Alam, M. M. (2020). Government policies, financial scopes and technological usages for agricultural development and post-harvest loss reduction in Algeria. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 7(4), 335-352. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2020.10032958>

Tudi, M., Ruan, H. D., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>

Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R., & Dermauw, W. (2014). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.12.009>

Vieira, D. A. de P., Caliar, M., de Souza, E. R. B., & Soares Júnior, M. S. (2020). Methods for and pigments extraction and determination of color in tomato for processing cultivars. *Food Science and Technology*, 40(1), 11-17. <https://doi.org/10.1590/fst.42217>

Wahab, S., Muzammil, K., Nasir, N., Khan, M. S., Ahmad, M. F., Khalid, M., Ahmad, W., Dawria, A., Reddy, L. K. V., & Busayli, A. M. (2022). Advancement and New Trends in Analysis of Pesticide Residues in Food: A Comprehensive Review. *Plants*, 11(9), 1106. <https://doi.org/10.3390/plants11091106>

Wan, N.-F., Fu, L., Dainese, M., Kiær, L. P., Hu, Y.-Q., Xin, F., Goulson, D., Woodcock, B. A., Vanbergen, A. J., Spurgeon, D. J., Shen, S., & Scherber, C. (2025). Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nature Communications*, 16, Article 1360. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56732-x>

Weerasinghe, M., Konradsen, F., Eddleston, M., Pearson, M., Jayamanne, S., Gunnell, D., Hawton, K., & Agampodi, S. (2018). Vendor-based restrictions on pesticide sales to prevent pesticide self-poisoning - a pilot study. *BMC Public Health*, 18(272). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5178-2>

Yaseen, T. N. (2021). Garantie des risques lors de la vente de pesticides agricoles. *Revue de la Faculté de Droit, Université de Tikrit*, numéro 5, pages 97-108.

Zheng, K., Wu, X., Chen, J., Chen, J., Lian, W., Su, J., & Shi, L. (2022). Establishment of an LC-MS/MS Method for the Determination of 45 Pesticide Residues in Fruits and Vegetables from Fujian, China. *Molecules*, 27, 8674. <https://doi.org/10.3390/molecules27248674>

ياسين، ت. ن. (2021). ضمانة الاخطار عن بيع المبيدات الزراعية. مجلة كلية القانون، جامعة تكريت، العدد 5، الصفحات 97-108.

Annexe

Annexe 1 : Description de la fiche d'enquête distribuée aux agriculteurs

Fiche d'enquête N° :

Date://

I. Identification de l'exploitant et de l'exploitation

1. Nom et prénom de l'exploitant:.....

2. tél:.....

3. Age:

4. Sexe: Feminine ☐ Masculin ☐

5. Commune:

6. Niveau d'étude:

Analphabète	
Primaire	
Moyenne	
Secondaire	
Technicien	
Universitaire: Études non agricoles	
Universitaire: Études agricoles	

7. Depuis quand exercer-vous le métier d'agriculture?

8. C'est quoi le mode d'acquisition des terres constituant l'exploitation?

Par héritage	
Par achat	
Concession	
Mise en valeur	
Louez	

9. Structure des terres de l'exploitation :

	Surface (ha)
Surface Agricole	
Surface Agricole Utile	
Surface Irriguée	

10. Cultures cultivées :

La culture	Plein champs (x)	Sous serre (x)	Surface

11. Type de Brise vent :

12. C'est quoi le type d'irrigation utilisée?

13. Avez-vous une formation en agriculture ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, indiquez votre formation:

14. Qui prépare les pesticides?

L'exploitant	
L'ingénieur agronome	
Le travailleur	

II. Connaissance agricole et du pesticide

1. Savez-vous reconnaître les dégâts sur culture provoqués par les maladies et ravageurs?

Oui	
Non	
Parfois	

2. Quelle est l'origine des connaissances des dégâts sur cultures ?

Sources d'information	Degré de dépendance			
	Jamais	Rarement	Parfois	Toujours
Agent de vulgarisation				
Vendeur de pesticides				
Les voisinages				
Bulletins du ministère de l'agriculture				
Emissions télévisées				
Émissions radio				
Des expositions agricoles				
Livres				
Internet				
Autres				

3. Quelle sont les méthodes de lutte que vous utilisez?

Préventive	
Curative	
Les deux	

4. Connaissez-vous le nom des pesticides que vous utilisez?

Oui	
Non	
Connais certains	

5. Connaissez-vous le nom du matière active utilisé?

Oui	
Non	
Connais certains	

6. Quand récoltez-vous les cultures pour la vente?

Situation	Jamais	Parfois	Toujours
Maturité de la culture			
Selon le besoin du marché			
Selon la durée de la pulvérisation du pesticide			
Autres			

7. Connaissez-vous la délai avant récolte ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, dit quoi :

.....

8. Achetez-vous les pesticides dans une quantité spécifiée (Reconditionnée)?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, contre quelle maladie les avez-vous utilisés et pour quoi ?

.....

Connaissez-vous le nom de cette pesticide que vous utilisez? Oui ☐ Non ☐

Si oui, donnez-moi son nom :

.....

9. D'après votre expérience, quelle est la cause de la propagation des pesticides?

	Oui	Non
Son effet rapide		
Facile à obtenir		
Mode d'emploi simple		
Son prix pas chère		
Autre		

III. Connaissance des agriculteurs sur les procédures de santé et de sécurité lors de l'utilisation de pesticides

1. Mesures préventives pour l'utilisation des pesticides sur le terrain:

Action				
	Jamais	Rarement	Parfois	Toujours
Lire la notice avant l'utilisation				
Calcul de la quantité nécessaire pour la pulvérisation				
Confirmer la date de validité				
Examen préalable des échantillon d'insectes et de maladies avant l'utilisation des pesticides				
Porter des vêtements de protection lors de la pulvérisation de pesticide				

Porter un masque facial				
Porter des lunettes de protection				
Se couvrir les mains et les jambes en traitant avec les pesticides				
Utiliser des mains non protégées pour mélanger				
Utiliser des outils spécifiques de mélange				
Nettoyage de pulvérisateur				
Prenez-vous une douche après la pulvérisation				
Laisser entrer les animaux de la ferme immédiatement après la pulvérisation				
Respecter le délai avant récolte				

2. Méthodes d'élimination des pesticides et de leur emballage

La méthode				
	Jamais	Rarement	Parfois	Toujours
Laissé dans le pulvérisateur pour une utilisation ultérieure				
Déversé dans le sol				
J'utilise tout le produit préparé				
Incinéré				
Abandon à côté des champs				
Enterrement				
vendre				

3. Où stockez-vous les produits phytosanitaires ?

La méthode				
	Jamais	Rarement	Parfois	Toujours
Lieu de stockage				
Dans la maison				
Sous les buissons				
Autres				

4. Que faites-vous des produits périmés ou sans étiquette ?

.....

5. Pendant la pulvérisation, est-ce que vous :

Boire	
mangez	
fumez	
je m'abstiens de toute consommation	

6. Avez-vous déjà constaté des morts d'autres insectes et animaux en dehors des ravageurs dans vos périmètres maraîchers ? Oui ☐ Non ☐

Si oui ,lequel

.....

7. Saviez-vous que les pesticides sont dangereux pour la santé humaine ? Oui ☐ Non ☐

8. Quelle est la signification des pictogrammes ci-dessous?



IV. Connaissance des agriculteurs sur l'agriculture biologique et le savoir-faire de paysanne

1. Est-ce que il y a des culture que vous n'utilise pas les pesticides? Oui ☐ Non ☐
Si répondre oui dit les quelles:

2. Votre production biologique sont-ils pour :
Consommation Familiale ☐ Au Marché ☐

3. Est-ce que vous pratiquez la jachère? Oui ☐ Non ☐

4. Pratiquez-vous la rotation ? Oui ☐ Non ☐

5. Existe -t- il des légumineuses dans vos assolements? Oui ☐ Non ☐

6. Est-ce que réutilisée les déchets agricole, comme le composte? Oui ☐ Non ☐

[illegible]

Annexe 2 : Description de la fiche de questionnaire distribuée aux vendeurs

I. Présenter le vendeur :

1. Age :
2. Sex :
3. Commune de travail :
4. Niveau scolaire :
5. Depuis combien de temps vendez-vous des produits phytosanitaires ?
.....
6. Avez-vous suivi une formation agricole : oui ☐ non ☐
spécialité :
7. Avez-vous reçu une formation sur les produits phytosanitaires ? oui ☐ non ☐
8. Existe-t-il une relation avec la direction des services agricoles ? oui ☐ non ☐

II. Détails des produits et des ventes

1. Quels sont les produits présents dans le magasin ?

Insecticides	Fongicides	Herbicides	Acaricides	Nematicides	Autre

2. Sur quoi vous basez-vous pour choisir les produits ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Index phytosanitaire				
Distributeur				
Internet				

3. Méthode de sélection des pesticides proposés à la vente

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Selon la demande des agriculteurs				
Selon les instructions de DSA				
Selon la disponibilité				
Nom commercial				
Toxicité				
Facilité d'utilisation				
Risques environnementaux (les moins nocifs)				

4. Quels sont les pesticides les plus vendus en agriculture saisonnière

	Moins de 5 fois par mois	5 à 10 fois par mois	10 à 20 fois par mois	Plus de 20 fois par mois
Insecticides				
Herbicides				
Fongicides				
Acaricides				
Nématicides				
Autres				

5. Quels sont les pesticides les plus vendus en agriculture hors saisonne

	Moins de 5 fois par mois	5 à 10 fois par mois	10 à 20 fois par mois	Plus de 20 fois par mois
Insecticides				
Herbicides				
Fongicides				
Acaricides				
Nématicides				
Autres				

6. Quelles sont les principales sources sur lesquelles vous vous appuyez pour obtenir des informations sur les pesticides ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Formations				
Expériences personnelles				
Internet				
Livres et revues agricoles				
Conseils d'experts				

7. Avez-vous reçu une formation officielle sur l'utilisation des pesticides ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, veuillez préciser le type de formation et sa durée :

.....

8. À quelle fréquence mettez-vous à jour vos informations sur les pesticides ?

Mensuellement	
Tous les 3 mois	
Annuellement	
Seulement lorsqu'il y a de nouveaux produits	

9. Quelles sont les sources que vous considérez comme les plus fiables pour obtenir des informations sur les pesticides ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Formations certifiées				
Expériences des autres agriculteurs				
Sites Internet spécialisés				
Publications des entreprises de pesticides				

10. Recevez-vous un quelconque soutien ou des informations de la part des fabricants de pesticides ? Oui : ☐ Non ☐

Si oui, veuillez préciser le type de soutien et les informations fournies:

.....

III. Gestion des stocks et conditions de sécurité

1. Quels équipements de sécurité utilisez-vous ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Je ne les utilise pas
Bavette				
Gants				
Lunettes				
Combinaison de protection				
Tablier				
Autre, précisez :				

2. Quel est votre état de santé après avoir manipulé des produits phytosanitaires ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Nausée				
Réaction cutanée				
Picotement des yeux				
Difficulté respiratoire				
Maux de tête				
Diarrhée				
Autre, précisez.....				

3. Que faites-vous en cas d'exposition à un pesticide ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Je lave la zone exposée à l'eau et au savon				
Je demande immédiatement une aide médicale				
Je m'éloigne de la zone contaminée				
J'utilise un antidote si disponible				

4. Êtes-vous conscient des risques sanitaires et environnementaux liés à la manipulation des pesticides ?

Oui, je suis pleinement conscient des risques	
Oui, j'ai une connaissance partielle des risques	
Non, je ne suis pas suffisamment conscient des risques	
Non, je ne connais rien des risques	

5. Où stockez-vous les produits ?

Dans un endroit spécifique	
Dans une armoire	
Dans une pièce technique	

6. Quelle est la situation du stockage ?

Réservé uniquement au stockage	
Éloigné des habitations et des sources d'eau	
Construite avec un sol en béton renforcé	

7. Quel est le sort des pesticides périmés ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Les vendre à bas prix				
Les distribuer gratuitement aux agriculteurs				
Les remettre aux centres de collecte des substances chimiques dangereuses				
Faire appel à des entreprises spécialisées dans l'élimination des pesticides				
Les conserver dans le stockage jusqu'à ce qu'une méthode appropriée d'élimination soit trouvée				
Les éliminer en les jetant aux ordures ou en les déversant dans les égouts				

8. Que faites-vous des contenants vides ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Réutilisation				
Élimination				
Vente				

IV. Pratiques de vente

1. Quelle est la nature de votre travail ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Vente uniquement				
Vulgarisation				
Assistance sur le site de la ferme				

2. Quels sont les critères de choix des agriculteurs pour les produits ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Nom commercial				
Substance active				
Toxicité (moins nocif pour sa santé)				
Facilité d'utilisation				
Risques environnementaux				
Prix				
Confiance dans le vendeur pour choisir le pesticide approprié				

3. Quels sont les pesticides les plus demandés par les agriculteurs ?

Numéro	Nom de pesticide	Type de pesticide	Prix
1			
2			
3			
4			
5			
6			

4. À quelle fréquence fournissez-vous un soutien, une formation et des conseils concernant l'utilisation des pesticides agricoles et leurs impacts ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Fournissez-vous un soutien technique aux agriculteurs ?				
Offrez-vous une formation à l'utilisation des pesticides ?				
Les agriculteurs sont-ils formés à l'utilisation des équipements de protection individuelle ?				
Encouragez-vous l'utilisation sûre des pesticides conformément aux directives ?				
Fournissez-vous des informations sur l'impact des pesticides sur l'environnement ?				
Pensez-vous que l'utilisation des pesticides affecte la santé des agriculteurs ?				
Effectuez-vous des visites régulières aux agriculteurs pour				

suivre l'utilisation des pesticides ?				
Encouragez-vous l'utilisation de pesticides biologiques ou organiques ?				
Vendez-vous des pesticides reconditionnée ?				
Pensez-vous que l'utilisation des pesticides affecte la santé humaine ?				
Considérez-vous la résistance aux pesticides comme un grand défi ?				

5. Comment les agriculteurs peuvent-ils vous contacter ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Visite en personne				
Par téléphone				
Réseaux sociaux (Facebook / Instagram / WhatsApp / Telegram) (précisez).....				

V. Défis et suggestions

1. Quels sont les plus grands défis auxquels les vendeurs sont confrontés dans leur interaction avec les agriculteurs ?

	Toujours	Parfois	Rarement	Jamais
Manque de sensibilisation à la sécurité personnelle et à l'utilisation des équipements de protection				
Difficulté à communiquer avec des agriculteurs de différentes origines et cultures				
Défis liés à la distribution et à la gestion des conditions climatiques				

2. Comment améliorer l'interaction entre les vendeurs et les agriculteurs ?

	Fortement d'accord	D'accord	Pas d'accord
Fournir des formations régulières aux vendeurs sur la communication efficace et les défis potentiels			
Renforcer la sensibilisation à l'importance du respect des consignes sanitaires et environnementales			
Développer des outils de communication efficaces tels que les applications mobiles			
Organiser des ateliers et des conférences pour le partage d'expériences			

3. Pensez-vous que les problèmes liés aux pesticides affectent la relation entre les vendeurs et les agriculteurs ?

Oui, cela affecte beaucoup	
Oui, mais de manière limitée	
Non, cela n'affecte pas	

4. Les vendeurs rencontrent-ils des difficultés à fournir les pesticides adaptés aux besoins des agriculteurs ?

Oui, fréquemment	
Oui, dans certains cas	
Non, les besoins sont bien satisfaits	

5. Quel est le degré d'engagement de l'agriculteur à suivre les instructions du vendeur ?

Oui, fortement engagé	
Oui, dans certains cas	
Non, pas engagé	

Annexe 3 : Fiche de prélèvement des échantillon des tomates et des pommes de terre

1. Nom et numéro tel.....
2. Age:.....
3. Niveau d'instruction:.....
4. Commune:.....
5. Production: Tomate ☐ pomme de terre ☐ variété
6. Date de semi:.....
7. Date de récolte:.....
8. Dernière date de traitement:.....
9. Fréquence de traitement:
10. Itinéraire technique de traitement contre les champignons, insectes, acariens et les mauvaises herbes:

Type de pesticide	Nom commerciale	La dose	fréquence	Surface
Fongicides				
Insecticides				
Acaricides				
Herbicides				
Autres				

Annexe 4 : Classification détaillée des pesticides et modes d'action

Familles chimiques	matières actives	nom commerciales	formulation	usage	cld	org/gnr	IRAC	FRAC	HRAC
organophosphorés	Chlorpyrifos	Chlorofet	EC	I	II	G	1B		
		CHLORCYRINE*	EC	I	II	G	1B		
		PYRICAL	EC	I	II	O	1B		
	DIMETHOATE	Diméthoate 40 vallés	EC	IA	II	O	1B		
		METHOATE	EC	I	II	O	1B		
	Ethoprophos	ELMOKAP	GR	N	Ia	G	1B		
néonicotinoïdes	Imidachlopride	Imidagold	SL	I	II	G	4A		
		METADOR	SL	I	II	G	4A		
		confidor	OD	I	II	O	4A		
		AGRI-CLOPRIDE	SL	I	II	O	4A		
		IMIDOR	SL	I	II	G	4A		
	Acetamipride	Aceplan	SP	I	II	O	4A		
		Mospilate	SP	I	II	G	4A		
		Morspilan	SP	I	II	G	4A		
		RUSTILAN	SP	I	II	G	4A		
	FLUPYRADIFURONE	SIVANTO	SL	I	II	O	4A		
	THIACLOPRIDE	Proteus 170*	OD	I	II	O	4A		
	Thiaméthoxame	TIAM	WG	I	II	O	4A		
		VOLIAM FLEXI *	SC	I	II	O	4A		
		Actara	WG	I	II	O	4A		
pyréthrinoïdes	LAMBDA- CYHALOTHRINE	lazer*	EC	I	II	G	3A		
		AMPLIGO*	ZC	I	II	O	3A		
		Phoenix	EC	I	II	G	3A		

		Karateka	EC	I	II	G	3A		
		LAMDOC50	EC	I	II	G	3A		
	DELTAMETHRINE	Proteus 170*	OD	I	II	O	6		
		DECIS	EC	I	II	O	3A		
		DELTRINE	EC	I	II	G	3A		
		DELTAPLAN	EC	I	II	G	3A		
	CYPERMETHRINE	CHLORCYRINE 220*	SC	I	II	G	3A		
		CYRPA 25	EC	I	II	O	3A		
		CYPERMETHRINE 10	EC	I	II	G	3A		
	ALPHA-CYPERMETHRINE	FASTAC 100	EC	I	II	G	3A		
		ALPHACIDE 50	EC	I	II	G	3A		
	Esfenvalérate	Fast	EC	I	II		3A		
	Alphametrine	mesil	EC	I	NC	G			
Buprofézine	Buprofezin	Applaud 41	SC	I	III	G	16		
carbamates	Propamocarb	Previcur *	SL	F	U	O		F4	
		PROCURE 722	SL	F	U	G		F4	
		BYSPORE	SL	F	U	G		F4	
		CONSENTO 450*	SC	F	U	O		F4	
		SEMIPLANT	SL	F	U	G		F4	
	PYRIMICARBE	lazer*	EC	I	II	G	1A		
	OXAMYL	NEMATEX	SL	N	Ia	G	1A		
	Mancozèbe	MAXIL*	WP	F	U	G		M03	
		CUPROZATE M**	WP	F	U	O		M03	
	PROPINEBE	PRONEB	WP	F	U	G		M03	
Avermectine	Abamectine	Acrivertine	EC	A	Ib	G	6		

		bactimec	SC	IA	Ib	O	6		
		Metry	EC	IA	Ib	O	6		
		VOLIAM TARGO 063*	SC	I	Ib	O	6		
		Verlan	EC	IA	Ib	G	6		
		TRANSACT	EC	A	Ib	G	6		
		vapcomic	EC	IA	Ib	G	6		
		VERTIMEC	EC	IA	Ib	O	6		
		ABAMECTIN 1,8	EC	IA	Ib	G	6		
		Limactine	EC	IA	Ib	O	6		
		ZORO TM	EC	IA	Ib	O	6		
	EMAMECTIN BENZOATE	Promed 5	SG	I	II	G	6		
		PROACT 50	EC	I	II	G	6		
		Emavap	EC	I	II	G	6		
		EMACIDE 2%	EC	A	II	G	6		
diamides	CHLORANTRANILIPROLE	AMPLIGO*	ZC	I	U	O	28		
		CORAGEN	SC	I	U	O	28		
		VOLIAM TARGO*	SC	I	U	O	28		
		VOLIAM FLEXI*	SC	I	U	O	28		
oxadiazines	INDOXACARBE	ARIZONATE	SC	I	II	G	22A		
Dérivés d'acide tétronique et tétramique	SPIROMESIFEN	OBERON	SC	IA	III	O	23		
benzoylurées	LUFENURON	Grand	EC	I	III	G	15		
	Bistrifluron	HANARO	EC	I	III	G	15		

triazines	CYROMAZINE	Trivap	WP	I	III	G	17		
	HYMEXAZOLE	Terazole	SC	F	III	G		A3	
		TACHIGAZOLE	SC	F	III	G		A3	
		AGRIMEXAZOL	SL	F	III	O		M08	
phénylpyrazoles	Fipronil	FELOX	SP	I	II		2B		
spinosynes	SPINETORAM	RADIANT	SC	I	U	O	5		
Nereistoxin	thiocyclame hydrogene oxalate	Evisect	SP	I	II	O	14		
		Evisect (100g)		I	II	O			
		EFASK	SP	I	II	O	14		
carboxamides	Hexythiazox	HEXIZOX	WP	A	U	O	10A		
pyrazoles	Tebufenpyrad	Masai	WP	A	II	O	21A		
pyridazinones	PYRIDABEN	RIBEN	WP	A	II	O	21A		
Dinitroanilines	PENDIMETHALINE	PROWL AQUA	CS	H	II	O			3
		STOP HERB	EC	H	II	G			3
Tryazinones	Metribuzine	Sencorate	WG	H	II	G			5
		VAPCOR	WP	H	II	G			5
		METRIXONE	WP	H	II	O			5
		SENCOR	WG	H	II	O			5
Dérivés de glycine	GLYPHOSATE	ROUND-UP	SL	H	III	O			9
		OURAGAN SYSTEME	SL	H	III	O			9
		TILLER	SL	H	III	G			9
Ureas	Linuron	Linuron	WP	H	III	G			5
		LINUCHEM	WP	H	III	O			5
Diphenyl ethers	OXYFLUORFENE	OXYGLORY	EC	H	U	G			14
		MARACANA	EC	H	U	O			14
		Geronimo	EC	H	U	G			14
		ROOL	EC	H	U	O			14

		HADAF	EC	H	U	G			14
Cyclohexanediones	CLETHODIME	select	EC	H	NC	O			1
	CYCLOXYDIM	FOCUS ULTRA	EC	H	III	O			1
benzothiadiazones	BENTAZONE	BASAGRAN	SL	H	II	O			6
Benzimidazoles	Thiophanate-methyl	Vapcotop	WP	F	U	G		B1	
		PELTHIO	WP	F	U	O		B1	
cuivre	cuivre	Comac*	WP	F	II	O		M01	
		CUPROZATE M**	WP	F	II	O		M01	
		CUIVROXY	WP	F	II	G		M01	
		CARIAL*	WG	F	II	O		M01	
	Sulfate de cuivre	Comac*	WP	F	II	O		M01	
		TOSSIANE	WP	F	II			M01	
	HYDROXYDE DE CUIVRE	HELIOCUIVRE	SC	F	II	O		M01	
	OXYCHLORURE DE CUIVRE	CUPROSATE C*	WP	F	II	O		M01	
		CURZATE-M*	WP	F	II	O		M01	
Phosphonates		ACROBATE CU*	WP	F	II	O		M01	
	Fosetyl-Aluminium	Previcur*	SL	F	U	O		F4	
		PHYTO FOSIE	WP	F	U	O		P07	
		FOLIETTE	WP	F	U	O		P07	
		Alilette flash	WG	F	U	O		P07	
		Alufos	WP	F	U	G		P07	
dicarboximides	IPRODIONE	ROVRAL	SC	F	III	O		E3	
triazoles	DIFENOCONAZOLE	Score	EC	F	II	O		G1	
		DIFESOLE	EC	F	II	G		G1	
		AGRIM	EC	F	II	G		G1	
		DIVISOLE	EC	F	II	G		G1	
		Amistar Top*	SC	F	II	O		G1	

		AGRICONAZOLE	EC	F	II	O		G1	
	TRIADIMENOL	TRIFIDAN	WP	F	II	G		G1	
strobilurines	AZOXYSTROBINE	AZOX	EC	F	U	G		C3	
		STRIMACH	SC	F	U	O		C3	
		Amistar Top*	SC	F	U	O		C3	
		AZOXAM*	SC	F	U	G		C3	
Acylalanines	Métalaxyle M	MAXIL*	WP	F	U	G		A1	
		AZOXAM*	SC	F	U	G		A1	
benzophénones	Metrafénone	VIVANDO	SC	F	U	O		B6	
Chloronitriles	CHLOROTHALONIL	Ardavo	SC	F	U	O		M05	
Norpyréthrotes	QUINOZOL	BELTANOL-L	SL	F	NC	O		E1	
acétamides	CYMOXANIL	CUPROZATE M**	WP	F	U	O		U27	
		amox	WP	F	U	G		U27	
		CUPROSATE C*	WP	F	U	O		U27	
		EQUATION PRO*	WG	F	U	O		U27	
		CURZATE-M*	WP	F	U	O		U27	
Morpholines	DIMETHOMORPHE	ACROBATE CU*	WP	F	III	O		G2	
Imidazolinones	FENAMIDONE	CONSENTO*	SC	F	III	O		C3	
	FAMOXADON	EQUATION PRO*	WG	F	U	O		C3	
Carboxylic acid amide	MANDIPROPAMID	CARIAL*	WG	F	U	O		H5	
dithiocarbamates	PROPINEBE	PRONEB	WP	F	U	G		M03	
Anilino-pyrimidines	CYPRODINIL	SWITCH*	WG	F	NC	O		D1	
Phénylpyrroles	FLUDIOXONIL	SWITCH*	WG	F	U	O		E2	

NB: *:2matière active; **:3matière active ; **EFF** : Effective ; **cl** :classification de l'OMS ; **I** : Insecticide ; **Ia** : insecticide+acaricide ; **F** : fongicide ; **H** :herbicide ; **N** : nématocide ; **A** : acaricide ; **IRAC** : Insecticide Resistance Action Committee ; **FRAC** : fongicide Resistance Action Committee ; **HRAC** : herbicide Resistance Action Committee.

Annexe 5 : Paramètres analytiques des composés identifiés par chromatographie

ID#	Name	m/z	Ret. Time	Area	Con	R ²	LOQ	LOD
1	Atrazine	216.1000>174.1000	6.16	1149663	10.041	0.996	0.08	0.03
2	Atrazine-desethyl	188.1000>146.1000	4.973	494988	10.511	0.940	0.24	0.08
3	Atrazine-desisopropyl	174.1000>68.1500	4.599	126807	9.895	0.999	1.34	0.44
4	Chloridazon	222.1000>104.1000	4.759	587609	10.267	0.983	0.12	0.04
5	Cyanazine	240.8000>214.0000	5.208	1814631	6.681	1.000	0.36	0.12
6	Dimethoate	230.0000>125.0000	4.713	1279205	10.021	0.986	0.15	0.05
7	Diuron (DCMU)	233.0000>72.1000	6.217	385198	9.62	0.970	0.05	0.01
8	Metamitron	202.9000>115.1000	6.885	42486	5.225	0.455	4.45	1.47
9	Hexazinone	253.2000>71.0500	5.579	3738502	10.32	0.973	0.14	0.05
10	Isoproturon	207.2000>72.1500	6.146	748681	10.261	0.992	0.07	0.02
11	Linuron	248.8000>160.0000	6.458	954194	10.043	0.986	0.07	0.02
12	Methabenzthiazuron	222.1000>150.1000	6.155	1615517	10.07	0.999	0.13	0.04
13	Metribuzin	215.1000>187.1000	5.689	284973	10.009	0.998	0.25	0.08
14	Pirimicarb	239.2000>182.0500	6.031	370966	10.056	0.989	0.05	0.02
15	Prochloraz	376.0000>307.9500	6.935	1602018	8.609	0.990	0.01	0.01
16	Propiconazole (stereo isomer)	342.0000>158.9000	6.884	493723	9.708	0.990	0.03	0.01
17	Propyzamide	256.0000>190.0000	6.593	171630	10.207	0.997	0.03	0.01
18	Simazine	202.1000>104.0000	5.645	699951	10.287	0.989	0.10	0.03
19	Terbuthylazine	230.1000>174.0500	6.522	2165348	9.971	0.999	0.03	0.01
20	Terbuthylazine-desethyl	202.1000>146.0500	5.728	2190191	9.799	0.995	0.06	0.02
21	Triadimenol (isomer)	296.1000>70.0500	6.607	1151300	10.071	0.997	0.08	0.03
22	Tebuconazole	284.1000>176.1000	7.818	1003162	10.288	0.995	0.05	0.15
23	Omethoate	184.0000>143.0000	0.682	304833	10.499	0.996	0.2	0.61
24	Trichlorfon	214.1000>125.0000	0.679	245002	12.726	0.992	0.76	2.29
25	Monocrotophos	215.1000>49.1000	4.848	258962	11.871	0.9999	0.39	1.19
26	Oxydemeton-methyl	237.9000>72.0000	2.382	233199	10.407	0.9996	0.59	1.79
27	Dicrotophos	247.0000>169.0500	2.129	274730	8.621	0.9992	0.88	2.68
28	Thiamethoxam	292.0000>211.1000	2.236	1858179	10.273	0.9995	0.03	0.1
29	Vamidotion	240.9000>224.0000	2.279	461143	10.158	0.9978	0.62	1.89
30	Mevinphos	270.1000>132.0000	7.801	658708	10.059	0.9988	0.1	0.29
31	Imidacloprid	256.1000>147.9500	2.558	299637	5.647	0.9988	0.15	0.45
32	Simazine	288.1000>58.0500	2.859	974568	10.86	0.9987	0.08	0.25
33	Cyanazine	225.1000>127.0000	2.917	99696	10.248	0.9985	0.67	2.04
34	Metribuzin	365.2000>117.0000	9.949	628975	10.507	0.9977	0.07	0.2
35	Atrazine	216.1000>174.1000	5.998	1145803	11.046	0.9985	0.08	0.25
36	Carbaryl (NAC)	253.0000>126.0500	3.46	1244932	9.669	0.9997	0.1	0.3
37	Carboxin	277.9000>81.0000	3.951	8201	9.573	0.999	1.13	3.44
38	Propazine	236.1000>143.1000	5.244	981555	10.944	0.9986	0.05	0.15
39	Methiocarb	202.1000>145.1000	5.319	527284	11.523	0.9993	0.18	0.54

40	Fenamiphos	318.0000>159.9000	6.638	514372	9.502	0.9984	0.11	0.34
41	Alachlor	240.8000>214.0000	4.456	361766	9.1	0.997	0.31	0.94
42	Metolachlor	275.0000>89.0000	8.621	52078	9.504	0.9961	1.29	3.9
43	Fenoxycarb	304.1000>216.9500	7.931	370592	10.593	0.9986	0.03	0.08
44	Diazinon	302.1000>116.1500	8	2160999	9.768	0.9992	0.04	0.11
45	Phosmet	308.2000>70.1000	8.23	192705	9.837	0.9996	0.07	0.23
46	Chlorfenvinphos (E, Z)	305.1000>96.9500	8.305	721198	10.37	0.9996	0.06	0.19
47	Phorate	359.0000>155.1500	8.32	1158577	10.613	0.9967	0.25	0.75
48	Propiconazole (stereo isomer)	342.0000>158.9000	8.321	396535	9.869	0.9996	0.15	0.46
49	Pirimiphos-methyl	261.0000>47.1000	8.506	16201	8.42	0.9956	1.45	4.39
50	Disulfoton	230.2000>188.1000	6.899	594775	11.644	0.9996	0.04	0.13
51	Terbufos	528.1000>150.1000	8.71	237368	10.9	0.9984	0.03	0.09
52	Indoxacarb	289.1000>57.0500	9.142	147680	9.651	0.9985	0.56	1.7
53	Cypermethrin (isomer)	467.0000>125.0000	9.164	98766	11.547	0.9996	0.1	0.31
54	Temephos	202.1000>104.0000	4.856	291753	11.612	0.9984	0.45	1.37
55	Pyridaben	432.9000>416.0000	9.768	129832	7.204	0.9997	0.22	0.68

Annexe 6 : Chromatogrammes analytiques multi-résidus des standards de pesticides séparation, identification et optimisation chromatographique

