



Impact de l'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture périurbaine sur la pollution du sol

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS
HYDRO-AGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 20 Janvier 2025 par

Jéssica Yasmine KABORE (20190028)

Directeur de mémoire : Hela KAROUI, Maitre-Assistant

Encadrant 2iE : Dr. Hela KAROUI

Maître de stage : Soumaila KONATE

Structure (s) d'accueil du stage : Agence national pour la sécurité sanitaire de l'environnement, de l'alimentation, du travail et des produits de santé (ANSSEAT)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA

Membres et correcteurs : Dr. Joseph WETHE
M. N'Bagassi Edmond KOHIO

Promotion : [2024-2025]

DÉDICACE

Je dédie ce travail à ma famille, en particulier à mes parents, M. KABORE Mahamadi et Mme KABORE/TARAMA Noélie, pour leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours académique.

A mon père, pour son esprit ouvert, sa patience et ses encouragements qui m'ont guidé vers la réussite.

A ma mère, pour son appui indéfectible et ses conseils précieux qui ont toujours été une source de réconfort et de motivation.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à mes frères et sœurs, avec l'espoir que cet accomplissement les inspire à poursuivre leurs propres ambitions avec détermination et succès.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **l'Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE)** pour m'avoir offert l'opportunité depuis 2019 de poursuivre mes études dans un cadre académique stimulant et d'excellence. La qualité de la formation et les ressources mises à disposition en particulier les échanges et surtout la disponibilité du corps enseignant ont été des atouts inestimables dans l'accomplissement de ce mémoire.

Je souhaite également adresser mes sincères remerciements à ma directrice de mémoire, **Dr. Hela KAROUI**, pour son encadrement attentif, ses conseils éclairés, sa disponibilité, son suivi, ainsi que son intervention, qui m'ont permis de mener à bien la rédaction de ce mémoire. Son expertise, son soutien et sa rigueur dans le travail bien fait ont été des éléments clés dans la réalisation de cette recherche.

Je suis particulièrement reconnaissante envers **l'Agence nationale pour la sécurité sanitaire de l'environnement, de l'alimentation, du travail et des produits de santé (ANSSEAT)** pour m'avoir accueilli au sein de ses locaux durant mon stage. L'accès à des ressources pertinentes et la collaboration avec ses équipes ont grandement enrichi mon expérience.

Un merci particulier à mon maître de stage, M. KONATE Soumaila, pour son encadrement rigoureux, sa bienveillance et ses précieux conseils qui m'ont permis d'approfondir mes compétences et mener à bien les objectifs fixés. Sa contribution a été essentielle pour l'aboutissement de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à M. COMPAORE Muller pour son intervention, qui m'a orienté vers l'ANSSEAT pour la réalisation de mes analyses.

Enfin, mes chaleureux remerciements vont à M. TINDOURE Noël, pour son aide inestimable dans le prélèvement des échantillons sur le terrain.

A toutes ces personnes et structures, je renouvelle mes remerciements les plus sincères pour leur contribution à la réussite de ce travail.

RÉSUMÉ

Dans le périmètre irrigué de Boulbi, l'utilisation intensive et anarchique des produits phytosanitaires a engendré une pollution significative des eaux, des sols et des cultures maraichères. Cette étude vise à évaluer les impacts environnementaux et sanitaires de ces pratiques maraichères. Des échantillons d'eau, de sol et de légumes ont été prélevés pour la recherche de molécules de pesticides et la méthode utilisée dans la préparation d'échantillons est la méthode Quechers. La séparation des molécules a été réalisée par Chromatographie à phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse (GC-MS) et la quantification a été faite par le détecteur à ionisation de flamme (FID). Aussi, des enquêtes ont été réalisées auprès de soixante-huit (68) maraichers dans le but de s'enquérir des réalités du terrain, émettre des hypothèses quant aux molécules susceptibles d'être trouvées et mettre en place un processus de collecte d'échantillons. Les analyses réalisées ont révélé des résidus de substances telles que le parathion-éthyl dans les eaux consommées à des taux supérieurs aux limites maximales de résidus (LMR) et constituant des risques graves pour la santé humaine. Les sols, quant à eux, contiennent des molécules persistantes telles que l'heptachlore et l'aldrine, mettant en évidence une contamination durable qui affecte la biodiversité et la chaîne alimentaire. Les cultures, notamment l'amarante, présentent des résidus de pesticides tels que le Bendiocarbe et le Mirex (substance interdite). Outre l'amarante, l'analyse de l'oseille présente des molécules inquiétantes comme la Tetramethrine (0,04 mg/kg) et le carbosulfan (0,06 mg/kg) très toxique pour l'être humain. L'enquête révèle un fort taux d'analphabétisme (61,76 %) parmi les maraichers, une utilisation quasi-inexistante des équipements de protection (82,33% non équipés) et un recours excessif aux pesticides formulés pour d'autres cultures. Ces pratiques accroissent les risques sanitaires pour les producteurs et les consommateurs tout en compromettant l'environnement. Les résultats soulignent l'urgence de réduire la dépendance aux produits chimiques et protéger la santé publique.

Mots Clés :

1 – Produits phytosanitaires

2 - Contamination

3 – Maraichage

4 – Santé Publique

5 – Pratiques alternatives

ABSTRACT

In the irrigated perimeter of Boulbi, the intensive and unregulated use of pesticides has resulted in significant pollution of water, soil, and vegetable crops. This study aimed at evaluating the environmental and health impacts of farming practices in this area. Samples of soil and vegetables were collected to search for pesticide molecules. The method used for sample preparation was the QuEChERS method. The separation of molecules was performed using gas chromatography coupled with a mass spectrometer (GC-MS), and quantification was carried out using flame ionization detector (FID). Additionally, surveys were conducted with sixty-eight (68) farmers to gain insights into field realities and formulate hypotheses regarding the molecules that might be detected. The analyses revealed residues of substances such as parathion-ethyl in the water consumed, exceeding permissible limits and posing serious health risks to farmers. The soils contain persistent molecules such as heptachlor and aldrin, highlighting long-lasting contamination that affects biodiversity and the food chain. Crops, notably amaranth, show pesticide residues such as Bendiocarb and Mirex (prohibited) at levels exceeding maximum residue Limits (MRLs). Beyond amaranth, the analysis of sorrel revealed concerning molecules like tetramethrin (0.04 mg/kg) and carbosulfan (0.06 mg/kg), which are highly toxic to humans. The survey revealed a high illiteracy rate (61,76%) among farmers, an almost non-existent use of protective equipment (82,33% unequipped), and excessive reliance on pesticides formulated for other crops. These practices increase health risks for both producers and consumers while compromising the environment. The results underscore the urgent need to adapt alternative solutions to the realities of vegetable farming areas to reduce dependence on chemical products and safeguard public health.

Key words:

-
- 1 – Pesticide pollution**
 - 2 – Irrigated agriculture**
 - 3 -Environmental contamination**
 - 4 – Health risks**
 - 5 – Sustainable farming**

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACN	: Acétonitrile
ANSSEAT	: Agence Nationale pour la sécurité Sanitaire de l'Environnement, de l'Alimentation, du Travail et des produits de Santé
CILSS	: Comité permanent inter-états de lutte contre la sécheresse dans le sahel
CNCP	: Commission Nationale de Contrôle de Pesticide
CNGP	Commission Nationale de Gestion des Pesticides
CSP	: Comité Sahélien des Pesticides
DCANA	: Direction du Contrôle de Aliments et de la Nutrition Appliquée
DCEHP	: Direction du contrôle de l'Environnement et de l'Hygiène Publique
DCM	: Direction du contrôle de des Médicaments et autres Produits de Santé
DCRVS	: Direction de la Biologie Médicale et de la Veille Sanitaire
DDT	: Dichlorodiphényltrichloroethane
DQM	: Direction de la Qualité et de la Métrologie
DTSST	: Direction de la Toxicologie, de la Sécurité et Santé au travail
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nation
FID	: Détecteur à ionisation de flamme
GC	: Chromatographie en phase Gazeuse
GC-MS	: Chromatographie en phase gazeuse -Spectromètre de masse
GC-FID	: Chromatographie en phase gazeuse-Détecteur à ionisation de flamme
LMR	: Limite Maximale de Résidus
MS	: Spectromètre de Masse
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PIB	: Produit Intérieur Brut
POP	: Polluants Organiques Persistants
PSA	: Amine Primaire Secondaire
QUECHERS	: Quick, easy, cheap, effective,rugged and safe

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif des produits phytosanitaires utilisé sur le site maraîcher avec leurs substance active.....	- 25 -
Tableau 2 : Récapitulatif des résultats d’analyse des échantillons d’eau	- 31 -
Tableau 3 : Récapitulatif des résultats d’analyse des échantillons de sols.....	- 32 -
Tableau 4 : Récapitulatif des résultats d’analyse des échantillons de feuilles et légumes	...- 33 -

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Structure chimique des exemples des principales grandes familles de produits phytosanitaires.....	- 6 -
Figure 2: Carte de géolocalisation du site de Boulbi.....	- 12 -
Figure 3: Carte de la représentation des points d'échantillon de sols.....	- 14 -
Figure 4 : Carte de la répartition des points d'échantillonnage d'eau.....	- 15 -
Figure 5 : Carte de la répartition des points d'échantillonnage d'eau, de feuilles et de légumes	- 16 -
Figure 6 : Principe du processus d'extraction de la Quechers méthode	- 18 -
Figure 7 : a) Chromatographe gazeux couplé au spectromètre de masse	- 19 -
Figure 8 : Répartition des maraichers par sexe	- 21 -
Figure 9:a=Pourcentage des maraichers selon leur âge, b=Résumé statistique des âges	- 22 -
Figure 10: Pourcentage des maraichers selon leur niveau de scolarisation.....	- 23 -
Figure 11: Pourcentage des types de produits phytosanitaires rencontrés.....	- 24 -
Figure 12 : a : Pourcentage de l'utilisation des EPI par les maraichers-b : Photo illustratif de maraicher non protégé lors de l'épandage.....	- 26 -
Figure 13 : Pourcentage par types de cultures cultivés	- 27 -
Figure 14 : Ensemble des molécules retrouvées dans les analyses des échantillons de sol4, Amarante et oseille du jour de récolte et les eaux du puit 1.....	- 28 -
Figure 15 : Ensemble des molécules quantifiées dans les analyses des échantillons de sol, Amarante et oseille et des eaux du périmètre	- 30 -
Figure 16 : Photos illustratives de l'état des puits rencontrés.....	- 31 -

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Description de la méthode de Quechers et Quechers modifié qui a été utilisé pour nos échantillons	I
Annexe II : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) et traitement des données	VI
Annexe III : Résultats des analyses menées et les normes.....	VIII
Annexe IV : Recueil de la majorité des produits phytosanitaires rencontrées et des substances actives qu'ils contiennent.....	XI

TABLE DES MATIERES

DÉDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RÉSUME.....	iii
ABSTRACT	iv
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ANNEXES	viii
INTRODUCTION	- 1 -
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	- 3 -
I. Produits phytosanitaires	- 3 -
I.1 Histoire.....	- 3 -
I.2 Types de produits phytosanitaires	- 4 -
I.3 Règlementation des pesticides	- 6 -
II. Impact.....	- 7 -
II.1 Dégradation de la santé	- 7 -
II.2 Perturbation de l'écosystème	- 8 -
II.3 Résistance des bioagresseurs	- 9 -
III. Voies de remédiation	- 9 -
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	- 11 -
I. Présentation de la structure d'accueil	- 11 -
II. Présentation de la zone d'étude.....	- 12 -
III. Méthodes	- 12 -
III.1 Enquête	- 12 -

III.2 Prélèvement d'échantillons	- 14 -
III.3 Analyse	- 16 -
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	- 20 -
I. Résultats des enquêtes	- 20 -
I.1 Caractérisation de la population enquêtée	- 20 -
I.2 Produits phytosanitaires	- 24 -
II. Résultats des analyses	- 27 -
II.1. Identifications des molécules de produits phytosanitaires	- 27 -
II.2. Quantification des molécules de produits phytosanitaires	- 30 -
III. Discussion	- 34 -
CONCLUSION-RECOMMANDATIONS-PERSPECTIVES	- 37 -
Conclusion	- 37 -
Recommandations	- 38 -
Perspectives	- 39 -
Limite de notre étude	- 39 -
BIBLIOGRAPHIES	- 40 -
Annexes	I

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays où la majorité de la population dépend de l'agriculture pour sa subsistance. En effet, l'agriculture occupe plus de 80% de la population active et contribue à hauteur de 35% au PIB du pays (MAAH, 2019). En période sèche, une grande partie de ces agriculteurs se tourne vers la culture maraichère, qui constitue une source essentielle de revenus et de sécurité alimentaire. Cette activité contribue à 4,5% au PIB soit 16,5% de la production agricole (MAHRH, 2007) soulignant ainsi son importance. Cependant, ces maraichers font face à de nombreux défis, notamment les attaques de nuisibles qui contribuent à la baisse de leur rendement. Pour lutter contre ces parasites, ils ont recours aux produits phytosanitaires et leur utilisation de ces produits se fait souvent de manière intensive et inadéquate. Cette pratique constitue des risques sanitaires pour les maraichers et consommateurs ; et épuise progressivement le sol le rendant de plus en plus infertile et, par conséquent, encore plus vulnérable à la prolifération des nuisibles. Ainsi, malgré les efforts déployés pour préserver les récoltes, cette spirale néfaste fragilise à long terme la productivité du secteur et met en péril la sécurité alimentaire et la santé des populations.

L'agriculture périurbaine, en particulier, joue un rôle crucial dans l'approvisionnement des centres urbains en produits frais, notamment les légumes et fruits. Toutefois, cette forme d'agriculture s'accompagne de défis majeurs liés à l'usage intensif des produits phytosanitaires. Ces substances chimiques bien que nécessaires pour lutter contre les ravageurs et les maladies, contribuent à la pollution des sols et des écosystèmes, compromettant ainsi leur durabilité à long terme. Le manque de formation et d'information des utilisateurs de produits phytosanitaires aggrave la situation par méconnaissance de la composition de ceux-ci, leur toxicité, leur dosage, la fréquence de leur utilisation et surtout leur persistance en cas d'utilisation inadéquate (Toé, 2007). Elles contribuent notamment à la pollution des sols, des eaux et des cultures compromettant en plus de l'écosystème agricole, la qualité des productions maraichères.

Le périmètre de Boulbi, situé à proximité de Ouagadougou, illustre parfaitement cette problématique. Ce vaste périmètre agricole de près de cent (100) hectares offre une large gamme de cultures maraichères qui nécessitent l'utilisation de divers types de produits phytosanitaires. De plus, les sols de Boulbi sont exploités de manière continue toute l'année. En effet, durant la saison pluvieuse, ils sont dédiés à la culture de riz et en saison sèche, ils sont

consacrés aux cultures maraichères. Cette absence de jachère, combinée à une utilisation intensive de produits phytosanitaires entraîne une accumulation de résidus chimiques dans le sol menaçant ainsi la qualité du sol et des eaux environnantes.

Dans ce contexte, il est essentiel d'avoir une approche globale sur les impacts de ces pratiques agricoles sur cet environnement.

Notre objectif serait donc d'une part de déterminer la perception des maraichers sur l'utilisation des produits phytosanitaires et d'autre part, d'identifier les niveaux de contamination par différents produits phytosanitaires et leurs conséquences environnementale et sanitaire.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

L'agriculture périurbaine joue un rôle clé dans l'approvisionnement urbain, mais son utilisation intensive de produits phytosanitaires soulève des préoccupations environnementales, notamment en ce qui concerne la pollution des sols. Il est donc essentiel de s'intéresser aux différentes études et recherches menées sur l'impact des produits phytosanitaires sur la qualité des sols, leur fertilité et la biodiversité.

I. Produits phytosanitaires

I.1 Histoire

L'utilisation des produits phytosanitaires remonte au XVII^e siècle, où l'arsenic et le soufre étaient mentionnées par Pline l'Ancien et Homère pour lutter contre les insectes (Primas et al., 2013). Au fil du temps, leur composition et leur nombre ont évolué pour inclure de nombreuses substances destinées à combattre les nuisibles tels que les mauvaises herbes, les insectes, les rongeurs et les champignons.

Dans leur évolution, l'ère moderne de ces produits n'a véritablement commencé qu'au XIX^e siècle avec la révolution agricole et la synthèse chimique de nouvelles substances. Un tournant important a été l'introduction du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) pendant et après la seconde guerre mondiale, en raison de son efficacité contre les moustiques porteurs de la malaria et d'autres nuisibles. (Pesticide dans le sol)

Cependant, les problèmes environnementaux et sanitaires associés aux produits phytosanitaires chimiques ont été mis en lumière par Rachel Carson dans son livre " Silent Spring " (Carson, 1962) . Elle a relevé les effets néfastes du DDT sur la faune en particulier sur les oiseaux, ainsi que les risques de bioaccumulation. Cette prise de conscience a conduit à des réglementations strictes, notamment l'interdiction du DDT aux États Unis en 1972 ; suivi par des restrictions similaires dans d'autres pays. L'industrie des pesticides s'est donc tournée vers d'autres nouveaux types de produits qu'ils ont développés tels que les organophosphorés et les carbamates considérés initialement moins persistants dans la nature que les organochlorés et considérés moins dangereux (Primas et al., 2013). Cependant, ces nouveaux produits, après des recherches ont été classés comme inhibiteurs de l'acétylcholinestérase, hormone indispensable au fonctionnement du système nerveux donc aussi toxique.

Au fil des années , les préoccupations environnementales se sont accentuées et malgré la constante évolution des recherches , une connotation négative s'est rattachée au terme "Pesticides " .Ainsi, les directives européennes 91/414/CEE du 15 juillet 1991 ont progressivement privilégié l'utilisation du terme « produits phytosanitaires » à celui de « Pesticides ».Ce changement de terminologie a été promu par divers acteurs, notamment les industries agrochimiques, les organisations agricoles et les autorités de régulation telles que l'Union Européenne et la FAO.

I.2 Types de produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires, couramment appelés pesticides, regroupent diverses substances destinées à protéger les plantes contre les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes. Ils se définissent également comme des molécules organiques de synthèse inconnues à l'état naturel de la terre à quelques exceptions près (Bouchon & Lemoine, 2003). Elles sont généralement classées en différents groupes selon leur cible et leur famille chimique. Pour une même cible, plusieurs familles peuvent être utilisées. Donc selon, la cible, nous pouvons citer :

- Les insecticides (produits de lutte contre les insectes) : Ils sont composés de substances actives et /ou de substances addictives ou tout autre préparation sensée tuer les insectes (J.F.Cruz & A.Diop, 1994). Ils sont constitués principalement par les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoides de synthèse qui sont réputés pour perturber le système nerveux, la respiration cellulaire, la mise en place de la cuticule, ou la perturbation de la mue(wafa, 2017).
- Les herbicides (produits de lutte contre les mauvaises herbes) : Ils sont composés de matières actives ou produits formulés dont la propriété est de tuer les végétaux ou limiter leur croissance. Cette action des herbicides s'applique bien que ce soit sur les végétaux ligneux ou herbacés (wafa, 2017).
- Les fongicides (produits de lutte contre les champignons) : Ils sont susceptibles d'inhiber le système respiratoire de la plante ou la division cellulaire, perturber la biosynthèse des acides aminés, des protéines ou le métabolisme des glucides (wafa, 2017).

Nous avons également d'autres produits phytosanitaires tels que les rodenticides (produits de lutte contre les rongeurs), les nématicides (produits de lutte contre les nématodes), les molluscicides (produits de lutte contre les mollusques), etc...

Selon la famille chimique, il existe près de 100 familles de pesticides. Les plus grandes familles sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoïdes.

- Les organochlorés sont des insecticides composés d'atomes de carbone, d'hydrogène et de chlore. Ils sont aussi appelés hydrocarbures chlorés, produits organiques chlorés et font l'objet de nombreuses réglementations dans la plupart des pays du monde en raison de leur grande toxicité. On peut citer le Dichlorophényltrichloroéthane (DDT), l'aldrine, le heptachlore, l'endosulfan, le lindane qui ont une forte rémanence temporelle avec une demi-vie de 10 ans ou plus. Elles sont réputées pour perturber le système nerveux, l'appareil hépatique, la régulation des hormones et même être mutagènes, tératogène et cancérogène à long terme (Bouchon & Lemoine, 2003)
- Les organophosphorés quant à eux sont des composés chimiques caractérisés par la présence d'un atome de phosphore en plus du carbone et de l'hydrogène. Ils appartiennent à la catégorie destinée à la destruction des mauvaises herbes, des insectes et les rongeurs. Ils constituent la classe des insecticides les plus toxiques pour les vertébrés mais sont peu persistants dans l'environnement et se dégradent rapidement en climat tropical (PARE, 1985), ce qui justifie leur utilisation en agriculture comparativement aux organochlorés. Ils sont généralement volatils et solubles. Pour cette catégorie, on peut citer entre autres le phosphamidon, le profénofos, le bromophos, le diazinon, le parathion, le malathion.
- Les carbamates eux, sont issus de l'acide carbamique. Ce sont des insecticides qui fonctionnent en bloquant l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase. Cette inhibition peut être réversible dans certaines circonstances. Parmi eux, le carbaryl est largement préféré pour son large spectre d'action contre les insectes et sa faible toxicité pour les mammifères. Ils sont également peu persistant dans la nature, ont une faible toxicité à long terme, un faible taux de résidus dans l'alimentation (PARE, 1985).
- Les pyréthrinoïdes étaient appelés à l'origine pyréthrinoïde synthétique car ils sont des synthèses du pyréthrine ou pyrèthres. Ils sont des principes actifs extraits des capitules floraux de la chrysanthemum cinerariaefolium Asteraceae. Ils affectent à la fois le système nerveux périphérique et central de l'insecte (Ware & Whitacre, 2004) .

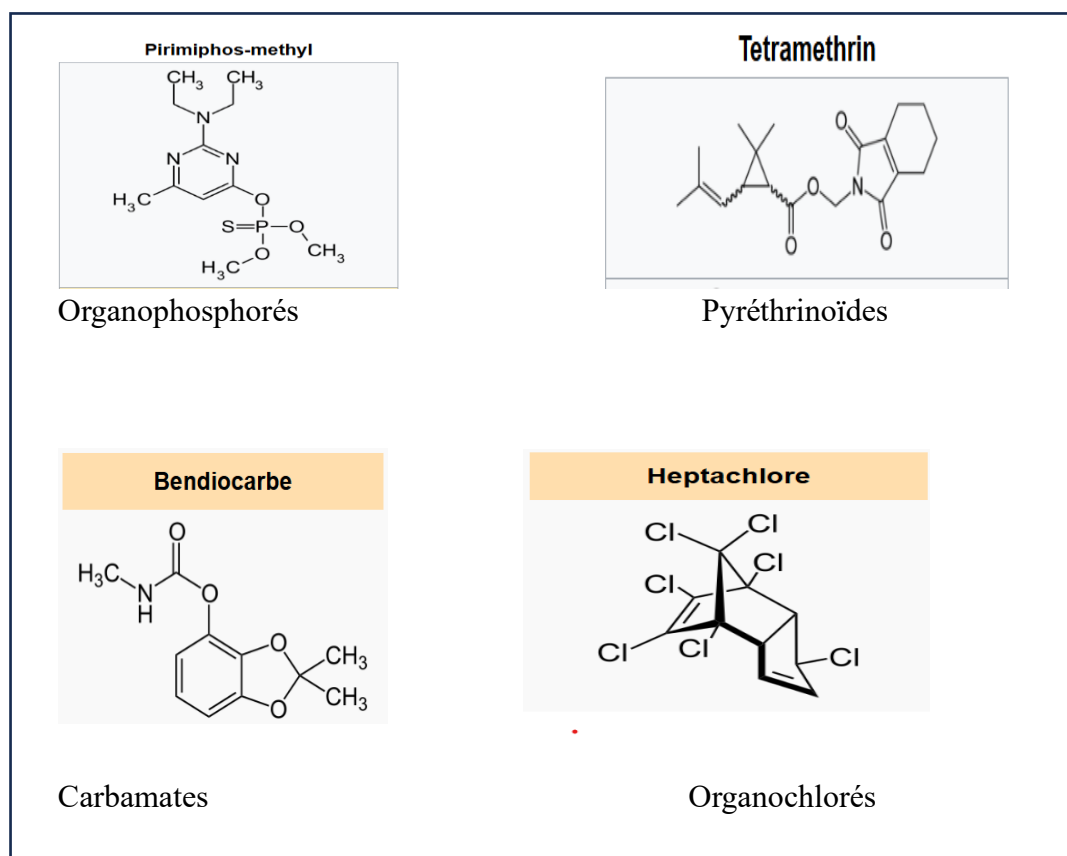


Figure 1: Structure chimique des exemples des principales grandes familles de produits phytosanitaires

I.3 Règlementation des pesticides

Au niveau international et national, plusieurs textes législatifs et réglementaires permettent de réglementer la production, l'importation et la commercialisation des produits phytosanitaires. Au niveau national, il a été mis en place une Commission Nationale de Contrôle de Pesticide (CNCP) par le Décret N° 2005-051 /PRES/PM/MAHRH du 07 FEVRIER 2005 (Ministère de la santé et de l'Agriculture du Burkina Faso, 2017).

La loi n°017-2010/AN du 25 mai 2010 réglemente l'homologation, la commercialisation et l'utilisation des pesticides. Cette loi mise en œuvre par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) du Comité permanent inter-états de lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS) a protégé la santé humaine, animale et l'environnement en imposant des conditions strictes d'importation et d'utilisation. Le Burkina interdit certains pesticides très toxiques comme le paraquat et encourage l'usage d'alternatives agroécologiques. Plus spécifiquement, le décret d'application

n°2011-394/PRES/PM/MEDD du 23 mai 2011 définit les modalités d'homologation et de contrôle des pesticides.

Récemment, une campagne nationale a renforcé les contrôles sur les pesticides illégaux et promu des solutions biologiques. Les normes sont alignées avec les directives internationales comme le Codex Alimentarius, mais des défis subsistent quant à leur mise en œuvre. Il existe au-delà de ces textes des conventions internationales ratifiées en matière de préservation de l'environnement et de gestion des polluants, une commission nationale de Gestion des Pesticides (CNGP) chargée d'appliquer au niveau du Burkina Faso les décisions des sessions du comité.

II. Impact

L'utilisation intensive des produits phytosanitaires dans la production maraîchère au Burkina Faso présente des risques pour la santé humaine et environnementale, notamment en raison des pratiques phytosanitaires inadéquates et de la contamination chimique des sols et des cours d'eau environnants (Tarnagda et al., 2017). Plusieurs études ont souligné l'existence de mauvaises pratiques phytosanitaires, c'est à dire le non-respect des doses prescrites, le non-respect des règles de protection et d'hygiène conseillées lors des traitements, la mauvaise gestion des emballages vides (IFDC, 2017). Les effets découlant de ces pratiques sont l'intoxication des agriculteurs et des consommateurs, la pollution de l'environnement et la formation de bioagresseurs résistants aux pesticides (Cissé et al., 2003).

II.1 Dégradation de la santé

Une étude menée par le docteur Son a montré que les maraîchers après épandage des produits phytosanitaires se plaignent d'irritations de la peau, de bouffées de chaleur, des écoulements de nez et de toux, des affections oculaires et des céphalées (Son et al., 2017). Outre cela, il a été démontré que la plupart des produits utilisés n'étaient pas destinés à la maraîchère culture mais à la culture de coton. Ce comportement rend ces produits plus toxiques du fait de son accumulation dans le sol, accumulation qui est causée par la persistance des substances actives et leur concentration très élevée pour des cultures maraîchères.

Des recherches antérieures ont permis de formuler des hypothèses concernant les effets de l'exposition aux produits phytosanitaires. En effet, ces hypothèses suggèrent une corrélation entre cette exposition et divers problèmes de santé, notamment des cas de cancers, leucémie,

les troubles du développement neuropsychologique et moteur pour les femmes enceintes ainsi que des tumeurs du système nerveux central chez les enfants (Baldi et al., 2013; PARE, 1985; Ware & Whitacre, 2004). D'autres études montrent la présence de perturbateurs endocriniens dans les formulations de pesticide qui contribuent à perturber la croissance chez les enfants avec des conséquences sur leur différenciation sexuelle et leur santé néonatale (des tumeurs du système nerveux central). Ces perturbateurs endocriniens ont également pour conséquence chez les enfants un dysfonctionnement thyroïdien entraînant des perturbations des fonctions cognitives (Frederic Flamant & Pasquier, 2020).

Un risque subsiste pour les nourrissons par le biais du lait maternel si la mère a été en contact avec des produits phytosanitaires. Selon une étude menée sur les POP, la bioaccumulation de certaines substances est la cause de leur présence dans le lait maternel dû à la longue durée des demi-vies qui va de plusieurs mois à plusieurs années chez l'être humain (Carrier, 2013).

Une autre étude menée par l'OMS/EURO de 2002-2003 a spécifiquement mis en évidence la présence de DDT dans le lait maternel à Hong Kong, malgré l'interdiction. Cette découverte souligne les dangers auxquels sont exposés les nourrissons, même sans contact direct avec la substance. Ces substances peuvent rendre plus susceptible l'individu exposé à ces produits, de développer divers types de cancers malins, tels que la leucémie, le lymphome de Burkitt, le neuroblastome, le lymphome non hodgkinien, le sarcome des tissus mous, le cancer de l'ovaire ainsi que le cancer du poumon, de l'estomac, du colon, de la vessie et du rectum (Schinas & Leon, 2014).

II.2 Perturbation de l'écosystème

Les produits phytosanitaires ont la capacité d'altérer la composition du sol en éliminant les organismes bénéfiques. En effet, les pesticides tels que les organochlorés, les pyréthrinoides peuvent réduire considérablement le nombre et la diversité des espèces présentes dans le sol, des vers de terre aux insectes, en passant par les champignons (Cabidoche et al., 2000). Ces changements peuvent avoir des répercussions en cascade sur la chaîne alimentaire et la santé générale de l'écosystème du sol. Des études soulignent les dommages potentiels des produits phytosanitaires sur la microflore du sol, qui, une fois altérée, peut entraîner des conséquences à long terme, notamment en favorisant la prolifération d'espèces phytopathogènes. D'autres études montrent que les oiseaux et les poissons sont également exposés aux produits phytosanitaires par le biais de leur régime alimentaire et peuvent subir des empoisonnements secondaires, affectant leur reproduction, leur santé globale et entraînant une mortalité en grand

masse(Hays & Risebrough, 1972; Horsberg TE, Høy T, 1989; Toko et al., 2014). En effet , les oiseaux mal ont tendance à se féminisé à cause des perturbateurs endocriniens contenus dans certains formulations mettant ainsi en péril la reproduction (Poisson, 2019).

II.3 Résistance des bioagresseurs

La résistance des bioagresseurs aux produits phytosanitaires synthétiques est la capacité que développent certains bioagresseurs à résister aux substances toxiques sensées les éliminer. Ce phénomène se produit lorsque certains insectes sont exposés à des niveaux élevés d'insecticides (Siegwart, 2022). Il constitue l'une des principales limitations de l'utilisation des produits phytosanitaires. Il concerne de nombreuses substances actives telles que les pyréthriinoïdes, les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates. Des cas de résistances ont été observés dans plusieurs localités du monde et en Afrique de l'Ouest, des résistances ont été signalées chez les bioagresseurs tels que le *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera : Aleyrodidae) et *P.Xylostella* (Agboyi et al., 2016; Houndété et al., 2010).

III. Voies de remédiation

La remédiation, ici, est considérée comme un processus de réhabilitation des sols dégradés par des produits phytosanitaires. Elle peut s'effectuer par diverses méthodes, parmi lesquelles des options écologiques et efficaces. Il y'a entre autres :

- La dégradation naturelle est le processus de dégradation naturelle des produits phytosanitaires avec le temps. Cette dégradation est possible grâce aux micro-organismes naturellement présentent dans la nature. Cependant, ce processus est le plus souvent pas entière. En effet, les produits qui se dégradent naturellement et rapidement dans la nature sont généralement ceux d'origine naturelle ou ceux qui sont formulés pour avoir une demi-vie courte.
- La bioremédiation est un processus impliquant l'utilisation de micro-organismes tels que les bactéries et les champignons pour décomposer les produits phytosanitaires présents dans le sol en produits moins toxiques. Ces micro-organismes dégradent les produits phytosanitaires en utilisant les composés organiques comme source d'énergie ou en les transformant en substances moins nocives. Cette approche présente l'avantage de pouvoir être réalisée sur place sans nécessité de déplacement massif de sol contaminé. Dans le cas spécifique des produits phytosanitaires, des batteries spécifiques sont introduites dans le sol pour décomposer les composés organiques polychlorés

(PCO) qui sont bioaccumulables et se dégradent lentement. Pour assurer l'efficacité de ce processus, il est crucial que les bactéries utilisées possèdent des membranes cellulaires résistantes pour éviter d'être tuées par l'accumulation de produits phytosanitaires hydrophobes. Des études ont montré que les bactéries à membrane riche en cardiolipine, notamment celles à Gram-positif, sont particulièrement efficaces dans la dégradation des PCO(Wójcik et al., 2020).

- La phytoremédiation est une technique qui utilise des plantes pour absorber, séquestrer ou dégrader les contaminants du sol. Elle est particulièrement efficace pour traiter les sols pollués par les métaux lourds et des produits phytosanitaires. Les plantes sélectionnées pour ce processus capturent les polluants dans leurs tissus, ce qui permet ensuite de les récolter et de les éliminer en toute sécurité. Bien que cette méthode soit naturelle et économique, elle peut nécessiter des périodes de traitement prolongées et la décontamination peut rester superficielle dans certains cas. Cette méthode est financièrement abordable, s'intègre allègrement à l'environnement et ne demande pas d'apport énergétique(Wael et al., 2009a).
- L'excavation et l'élimination est un processus qui consiste à retirer physiquement le sol contaminé pour le traiter ou l'éliminer en toute sécurité (Wael et al., 2009a). Cette méthode peut être efficace pour les zones fortement contaminées, mais elle est souvent coûteuse et peut entraîner des perturbations importantes de l'environnement local

Cette revue a montré que, bien que les produits phytosanitaires soient essentiels pour lutter contre les bioagresseurs en agriculture périurbaine, leur utilisation a des conséquences négatives sur la santé, l'écosystème et la résistance des ravageurs. Malgré les régulations en place, leur usage non contrôlé reste un défi majeur. Il est donc crucial de repenser la gestion de ces produits et d'explorer des alternatives plus durables pour préserver l'environnement et la santé publique.

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'aboutissement de notre étude repose sur une méthodologie rigoureuse et adaptée au contexte de notre étude, c'est-à-dire une agriculture péri-urbaine. Nous débuterons par la présentation de la structure d'accueil et de la zone étudiée, afin de situer le cadre de la recherche. Ensuite, nous détaillerons les méthodes employées englobant les enquêtes sur l'utilisation des produits phytosanitaires agricoles et les protocoles de prélèvement des échantillons de sols, d'eau et de cultures effectués sur le terrain. Enfin, nous aborderons l'analyse approfondie de ces échantillons pour identifier et quantifier les résidus de produits phytosanitaires. Cette approche vise à fournir des données fiables pour comprendre l'effet des pratiques agricoles sur l'environnement et la santé humaine.

I. Présentation de la structure d'accueil

L'analyse de nos échantillons a été réalisée dans l'Agence nationale pour la sécurité sanitaire de l'environnement, de l'alimentation, du travail et des produits de santé (ANSSEAT). Cette structure publique, non hospitalière, a pour mission de garantir la sécurité sanitaire en se conformant au cadre réglementaire établi par le décret n°2024-615/PRES/PM/MEF du 24 juillet 2014. Autrefois appelé Laboratoire National de Santé Publique (LNSP), elle joue un rôle impératif dans les analyses et expertises liées à divers domaines en tant que Laboratoire national de référence. Elle intervient dans les domaines des contrôles qualité sanitaire, la toxicologie, les études physico-chimiques, les microbiologies, les produits alimentaires et médicaux, ainsi que la surveillance des risques sanitaires et environnementaux.

L'ANSSEAT est dirigée par une Direction Générale, secondée par un secrétariat général qui supervise plusieurs départements spécialisés :

- Direction de la toxicologie, de la sécurité et santé au travail (DTSST)
- Direction du Contrôle de Aliments et de la Nutrition Appliquée (DCANA)
- Direction du contrôle de des Médicaments et autres Produits de Santé ((DCM)
- Direction de la Biologie Médicale et de la Veille Sanitaire (DCRVS)
- Direction de la Qualité et de la Métrologie (DQM) ;
- Direction du contrôle de l'Environnement et de l'Hygiène Publique (DCEHP)

La dernière direction est celle qui a accueilli nos travaux et nous a permis de procéder à des analyses parfaitement réalisées et conformes.

II. Présentation de la zone d'étude

Notre zone d'étude est le périmètre irrigué de Boulbi qui est un aménagement de 100 ha près du barrage de Boulbi. Il est situé dans le village de Boulbi au sein du département de Komsilga dans la région du centre au Burkina Faso, plus précisément sur la route nationale N°6, à la sortie de Ouagadougou. Le choix de ce site d'étude vise à assurer la représentativité des données et la pertinence des résultats. En effet, ce site permet de couvrir une grande variété de cultures, impliquant l'utilisation de différents produits phytosanitaires. Les critères de sélection incluaient la diversité des cultures, ainsi que l'accessibilité aux maraichers utilisant les produits phytosanitaires. La carte ci-dessous présente la situation géographique du site étudié.

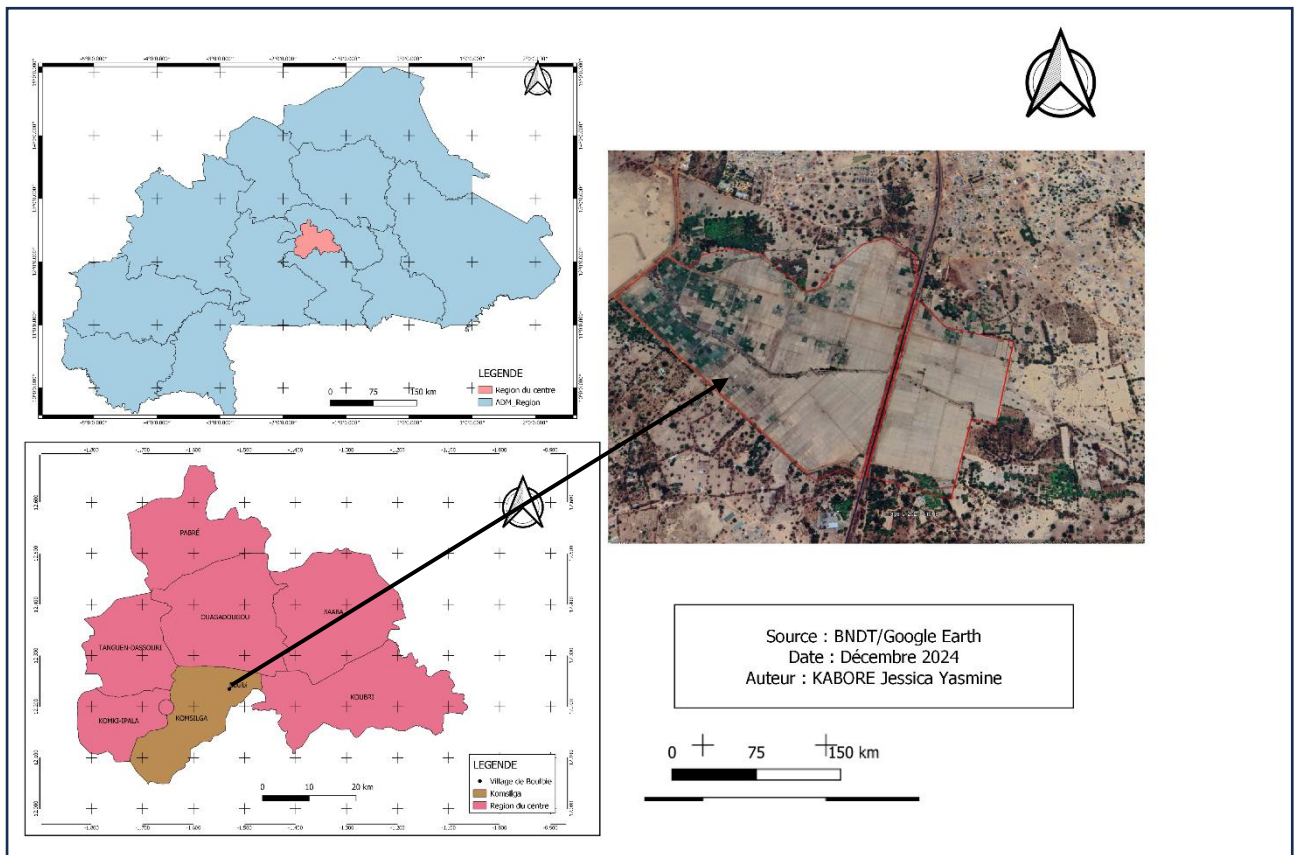


Figure 2: Carte de géolocalisation du site de Boulbi

III. Méthodes

III.1 Enquête

L'objectif de cette enquête est de collecter des informations sur les habitudes des maraichers face aux produits phytosanitaires qu'ils utilisent, les protections qu'ils utilisent ainsi que les différents produits qu'ils utilisent et surtout la manière dont ils sont utilisés et conservés.

Pour mener à bien ce travail, nous nous sommes préalablement adressés au ministère de l'Agriculture, des ressources animales et halieutique afin de nous renseigner sur les procédures à suivre. Nous avons ensuite adressé une demande d'autorisation d'enquête signée par l'institut 2iE à la direction provinciale de l'agriculture.

En attendant que notre requête aboutisse, nous avons rédigé et implémenté une grille de questionnaire sur le logiciel Kobotoolbox et l'avons testé sur des maraichers du barrage de Tanghin afin de déceler d'éventuelles erreurs et les corriger.

Ayant obtenu une réponse favorable à notre demande d'autorisation d'enquête, nous nous sommes rendus sur le terrain et avons administré le questionnaire aux maraichers présents. L'enquête s'est étalée sur une semaine (Du 15 au 20 avril 2024) et aucun des maraichers que nous avons abordés ne nous a opposé un refus catégorique à l'administration du questionnaire.

✓ Méthode d'échantillonnage pour enquête

La méthode aléatoire probabiliste a été utilisée pour le calcul de l'échantillon de personnes à enquêter. N'ayant pas trouvé de document qui puisse fournir la population exacte maraichère sur le site, nous l'avons estimée en prenant en compte la superficie du périmètre totale qui est de 100ha. Si l'on suppose que chaque maraicher dispose d'une superficie de 0,5 ha pour ses cultures, nous aurons une population totale de 200 personnes donc par ricochet une taille d'échantillon de 132 maraichers. La formule utilisée est :

$$n = \frac{1,96^2 \times p \times (1 - p) \times N}{1,96^2 \times p \times (1 - p) + i^2 \times (N - 1)}$$

n = taille de l'échantillon

N : taille de la population cible (dans notre cas est de 200 maraichers)

I = marge d'erreur d'échantillonnage($i=5\%$)

P = proportion estimée de la population ($p=0,5$)

Coefficient 1,96 = taux de confiance qui est de 95%

L'échantillon que nous avons trouvé est de cent trente-deux (132) maraichers mais dans la pratique, nous avons administré le questionnaire d'enquête à soixante-huit (68) maraichers. Ce nombre correspond à celui des maraichers que nous avons eu l'occasion de rencontrer sur la parcelle durant la période de notre enquête, la plupart des maraichers ayant abandonné leurs

parcelles de terrain à cause du manque d'eau (le barrage asséché et les puits trop profonds ou asséchés pour certains).

III.2 Prélèvement d'échantillons

La visite terrain durant la période de l'enquête nous a permis de déterminer les points intéressants à prélever pour la détermination de la pollution en pesticide sur le site. Un plan d'échantillonnage a été déployé. Nous avons donc choisi trois différents types de matrices qui sont le (i) sol, (ii) l'eau et (iii) les feuilles et légumes.

- ✓ Pour les échantillons des sols à prélever, nous l'avons fait le long d'une ligne de concentration de périmètre de maraicher jusqu'au barrage avec un pas de 200 m environ. La figure ci-dessus présente les coordonnées géographiques des points mentionnés.



Figure 3: Carte de la représentation des points d'échantillon de sols

- ✓ Pour les échantillons des sources en eaux, nous avons échantillonné de l'eau souterraine provenant de trois (03) puits creusés par les maraichers au niveau du périmètre d'étude. Ce nombre est une conséquence des limites financière de notre étude ;

Et un échantillon d'eaux de surface prélevés au niveau de chacune des (02) deux berges du barrage dont la répartition est représentée dans le graphe ci-dessous.



Figure 4 : Carte de la répartition des points d'échantillonnage d'eau

- ✓ Nous avons échantillonné également les produits maraichers et nous avons choisi :
 - Les feuilles d'Amaranthe (*Amaranthus viridis* L., 1763)
 - Les feuilles d'oseille (*Hibiscus sabdariffa* L., 1753)
 - Et un légume qui est le concombre (*Cucumis sativus* Tanja' L., 1753)
- ✓ Enfin nous avons prélevé six (06) échantillons de sol situé au pied de ces plantes. L'échantillonnage de feuilles et légumes ainsi que le prélèvement de sol pris au pied de la plante ont été réalisés en deux fois :
 - Une première fois au jour de récolte (06 avril 2024) comme tous les autres échantillons
 - Une seconde fois, un jour après le jour de pulvérisation (12 avril 2024) des produits phytosanitaires par les maraichers.

La carte ci-dessous présente les coordonnées géographiques des points d'échantillonnage de feuilles et légumes.

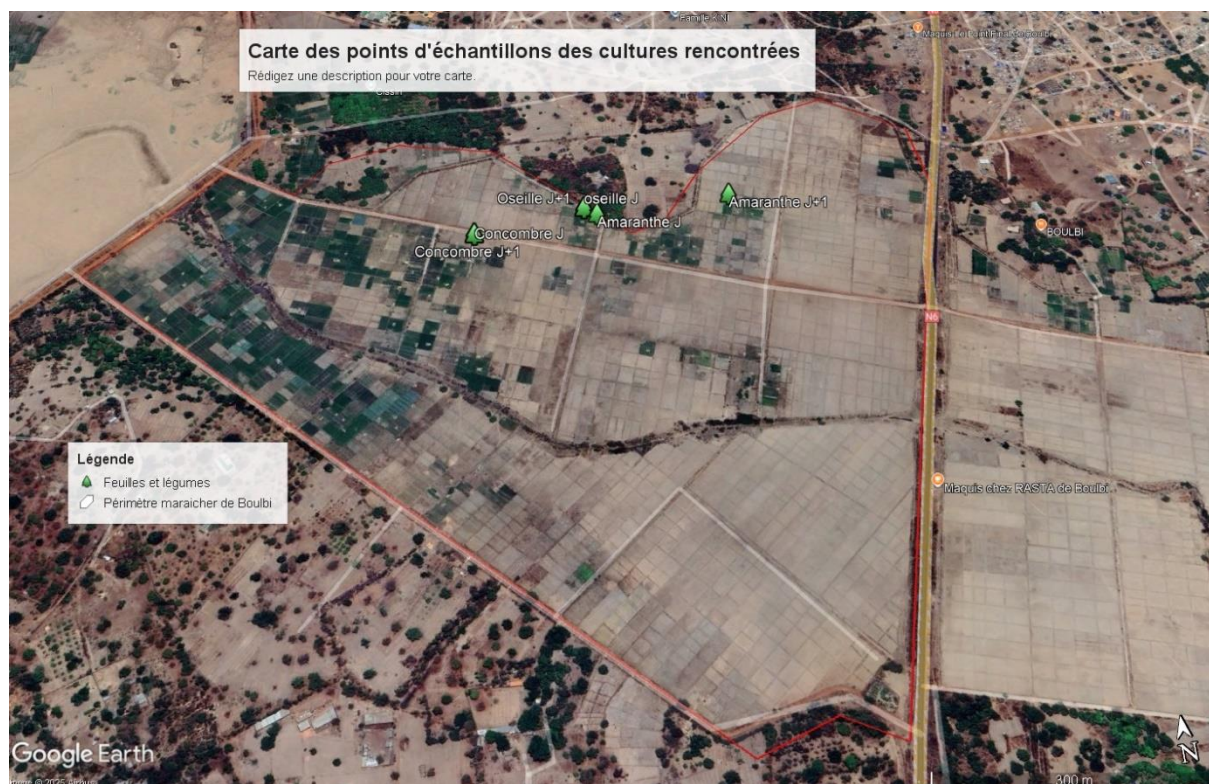


Figure 5 : Carte de la répartition des points d'échantillonnage d'eau, de feuilles et de légumes

III.3 Analyse

Tous les échantillons ont servi à déterminer la pollution en produits phytosanitaires du site étudié. Les analyses ont été larges afin que, pour chaque échantillon toutes les molécules des pesticides présentes puissent être identifiées. Les équipements utilisés sont la GC-MS pour l'identification et la GC-FID principalement pour la quantification.

Chaque type d'échantillon (eau, sol, feuille, légume) a subi une étape de préparation avant analyse. La méthode utilisée pour la préparation des échantillons au laboratoire est la méthode Quechers et Quechers modifiée pour les échantillons d'eaux. C'est une méthode d'analyse adaptée à l'analyse des multi-résidus de produits phytosanitaires ou de médicaments dans les aliments d'origine végétale. L'échantillon préparé est analysé par la GC-MS et la quantification des molécules est effectuée par la GC-MS et la GC-FID.

Ci-dessous nous donnons le principe de la méthode Quechers et nous détaillons le mode opératoire par matrice au niveau de l'annexe II.

✓ Principe de la méthode Quechers

La méthode Quechers est une méthode utilisée dans la préparation d'échantillons en vue d'une analyse de produits phytosanitaires. Elle permet de débarrasser l'échantillon de ses impuretés afin de préserver l'appareil d'analyse. La méthode est utilisée pour des échantillons ayant une teneur en eau supérieure à 80%, ce qui demande donc une humidification préalable des échantillons secs. Cette humidification est réalisée par ajout d'eau purifiée pour obtenir 10g d'eau au total. L'échantillon homogène est extrait à l'aide d'acétonitrile auquel on ajoute du sulfate de magnésium, du chlorure de sodium et des sels tamponnés de citrate. Le mélange est secoué intensivement puis centrifugé pour la séparation des phases. Un aliquote de la phase organique est isolé et purifié par extraction dispersive en phase solide (D-SPE), en utilisant des solvants en vrac et du Sulfate de magnésium pour éliminer les résidus d'eau. Des sorbants amino-fonctionnels (PSA par exemple) sont utilisés pour purifier les extraits qui sont acidifiés par ajout d'une petite quantité d'acide formique. Cet ajout permet d'améliorer la stabilité au stockage de certains produits phytosanitaires sensibles aux bases. L'extrait final peut être directement utilisé pour les analyses par GC-MS. La quantification, elle, est effectuée à l'aide d'un étalon interne ajouté à l'extrait après l'ajout initial d'acétonitrile. Toute modification faite de cette méthode, modifie également le nom qui devient « QuEChERS-méthode modifiée ». La figure ci-dessous présente le principe du processus à suivre pour la préparation des échantillons à analyser quel que soit la matrice.

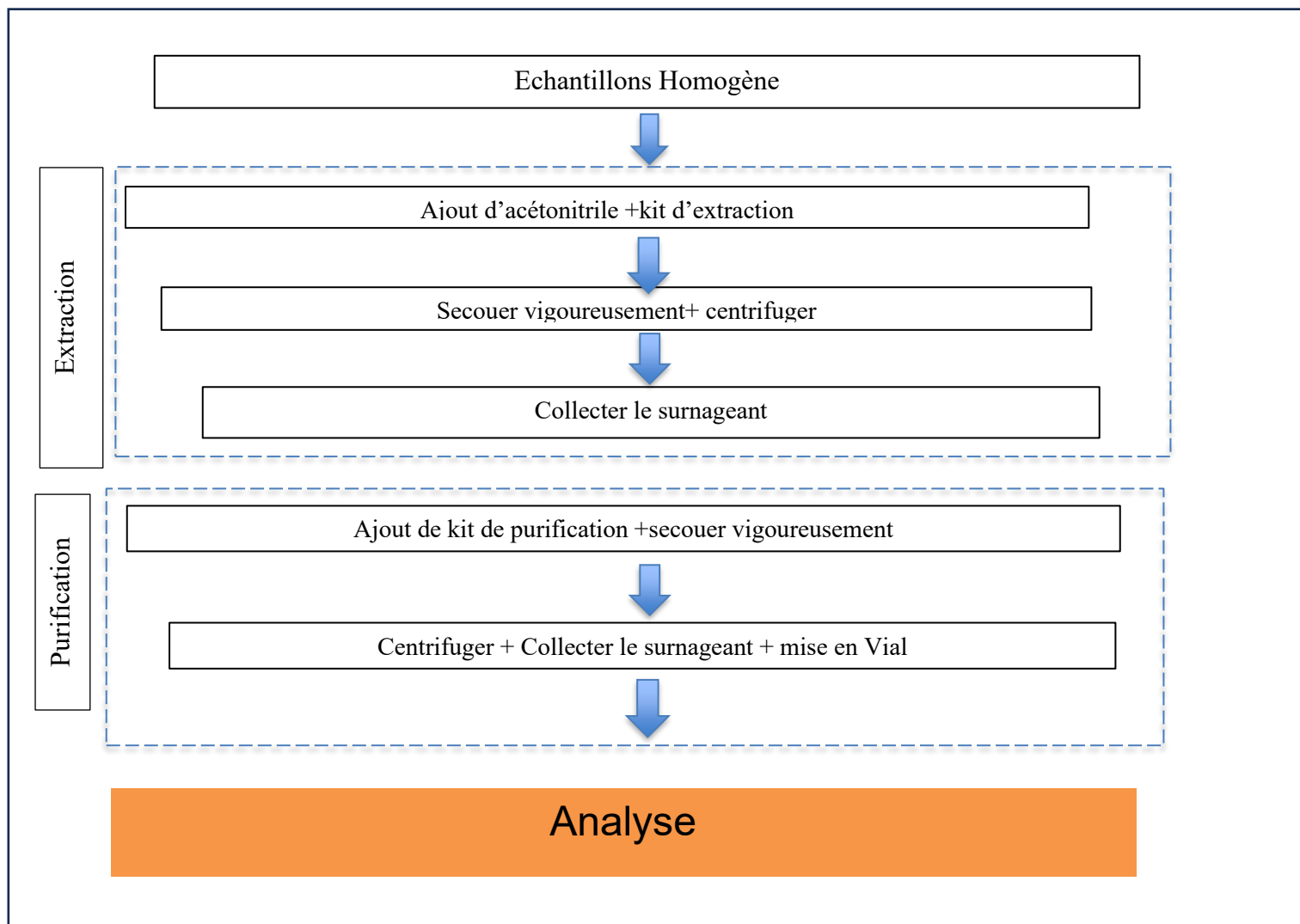


Figure 6 : Principe du processus d'extraction de la Quechers méthode

✓ Principe du Chromatogramme GC-MS

Spécifique aux molécules thermiquement stables, la Chromatographie à phase gazeuse est la séparation des molécules volatilisées et mélangées à un gaz vecteur qui constitue la phase mobile. Le gaz véhicule des analytes à l'intérieur de la colonne qui a la paroi interne recouverte d'un film chimique : c'est la phase stationnaire. Les molécules sont ainsi séparées dans le temps par rapport à leur différence de vitesse migratoire et les analytes sont détectés à la sortie de la colonne. Ci-dessous une image illustrative du chromatographe gazeux GC-MS utilisé pour nos analyses (a).

✓ Principe du Chromatogramme la FID

La FID est un type de détecteur couramment utilisé en chromatographie en phase gazeuse (CPG). Elle permet de quantifier les composantes organiques des échantillons en les identifiant. En effet, l'échantillon est vaporisé puis transporté par un gaz porteur inerte à travers la colonne chromatographique où les différentes composées sont séparées en fonction de leur affinité avec la phase stationnaire. C'est la mesure de la conductivité électrique du gaz ionisé produit lors du passage d'un de ces composés organiques à travers une flamme d'hydrogène et d'air qui fait son fonctionnement. Ci-dessous une image illustrative du chromatographe gazeux FID utilisé pour nos analyses (b).

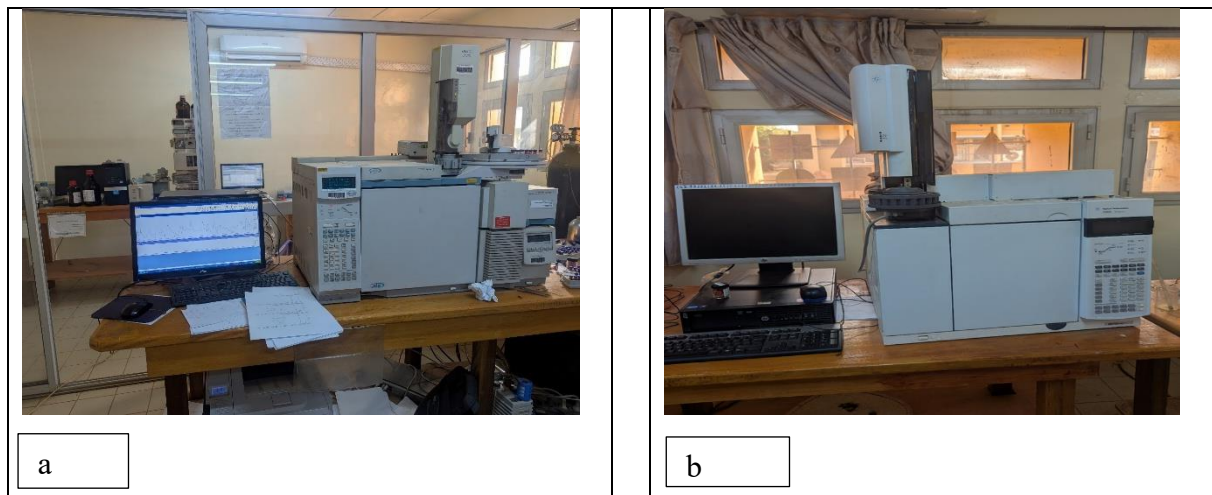


Figure 7 : a) Chromatographe gazeux couplé au spectromètre de masse

b) Chromatographe gazeux couplé au détecteur à ionisation de flamme

Nous pouvons dire que la méthodologie présentée dans ce chapitre constitue le socle de notre étude. Elle assure la fiabilité des résultats grâce à une approche structurée englobant la présentation du cadre d'étude, les enquêtes, les prélèvements et les analyses. Cette étape permet de comprendre les liens entre les pratiques agricoles, la pollution environnementale et les risques pour la santé, tout en ouvrant la voie à des recommandations adaptées pour une gestion durable des sols.

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Ce chapitre présente et analyse les résultats obtenus à travers les enquêtes menées auprès des producteurs maraichers et les analyses des produits phytosanitaires collectées sur le terrain. Il débute par la caractérisation des producteurs enquêtés, puis l'identification des produits phytosanitaires utilisés. Ensuite, les analyses permettent d'identifier les molécules actives présentes et de les quantifier. Enfin, une discussion met ces résultats en perspective avec la littérature scientifique et les réglementations en vigueur afin d'évaluer leurs implications sur la santé et l'environnement.

I. Résultats des enquêtes

Les enquêtes ont été menées sur une semaine soit du 15 au 20 Avril 2024 pour un nombre total de 68 maraichers. Il s'agit du nombre total des maraichers présents sur le site au moment de l'enquête. Ce nombre résulte de la situation de manque d'eau sur le périmètre en cette période. Bon nombre de maraichers avaient donc abandonnés leurs parcelles. Nous n'avons pas eu de refus catégorique à notre démarche et les dépouillements de cette enquête ont été analysés et interprétés.

I.1 Caractérisation de la population enquêtée

- **Sexe**

L'enquête a relevé une prédominance des hommes dans le périmètre, représentant environ les deux tiers, soit 58% de la population totale enquêtée comme l'illustre le graphe ci-dessous. Cette situation pourrait être expliquée par les observations faites sur le terrain qui corroborent des études antérieures démontrant la présence significative des hommes dans le domaine du maraîchage. Selon le rapport général du module maraîchage en 2011, la Direction de la Prospective et des Statistique indique que plus de 72% des maraichers sont des hommes. Aussi, Tougma (2007) souligne que dans le cadre du maraîchage urbain et périurbain qui correspond à la situation de notre étude, la sous-représentation des femmes est plus prononcée avec seulement 7,5% de femmes impliquées. Cette faible représentation féminine pourrait par les disparités en lien avec la division sexuelle du travail au Burkina Faso. En effet, les femmes préfèrent consacrer un grand nombre d'heures aux travaux domestiques et à la prise en charge des enfants, ce qui les empêche de s'impliquer davantage dans les cultures maraîchères. À cela s'ajoute la difficulté physique liée à cette activité. Pendant la période de notre enquête, la force

physique était primordiale, car il fallait puiser l'eau des puits, souvent située à de très grandes profondeurs, et cela plusieurs fois pour irriguer un quart d'hectare, voire un demi-quart d'hectare pour certains. Ces exigences physiques expliquent en partie la faible participation des femmes dans ce secteur.

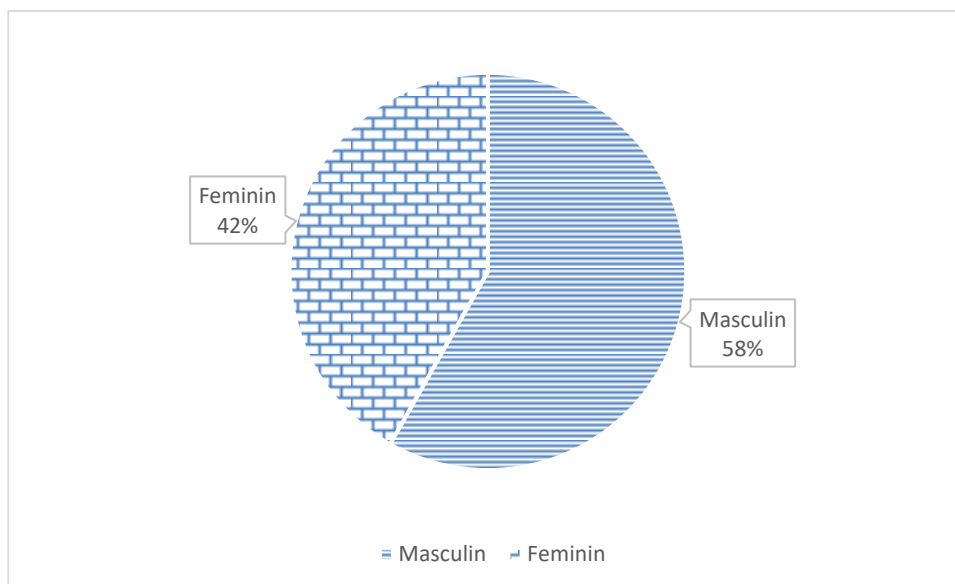


Figure 8 : Répartition des maraîchers par sexe

- **L'âge**

La tranche d'âge la plus dominante est celle comprise entre 36 et 55 ans avec un pourcentage de 70,59% des maraîchers enquêtés. Cela montre que la population active dans ce secteur est principalement constituée de personnes d'âge moyen et donc ayant probablement acquis une expérience significative tout en étant capable de fournir une forte intensité de travail physique. Elle pourrait également indiquer une stabilité familiale et financière permettant aux personnes de cette tranche de s'engager pleinement dans les activités maraîchères.

Les tranches d'âge des moins de 30 ans et des 55 ans et plus représentent chacune environ 10,29% des enquêtés. Le faible pourcentage des jeunes de moins de 30 ans peut refléter plusieurs réalités telles que le désintérêt des jeunes pour l'agriculture, une préférence pour d'autres secteurs d'activité ou un manque d'accès au terrain et aux ressources nécessaires pour se lancer dans le maraîchage. Bien que la catégorie des maraîchers de plus de 55 ans soit encore représentée, il est possible que les personnes plus âgées se retirent progressivement de l'activité maraîchère à raison de la diminution de leur capacité physique, l'augmentation de leur

vulnérabilité face aux risques sanitaires liés aux habitudes de leurs activités ou simplement qu’elles se tournent vers d’autres types d’activités agricoles moins exigeants.

La catégorie comprise entre 31 et 35 ans, quant à elle est la plus faiblement représentée avec 8, 82% des enquêtés. Il semble qu’il y ait une faible implication des personnes de cette tranche d’âge, ce qui pourrait s’expliquer par une transition entre des engagements professionnels variés ou une période où les personnes sont en train de s’établir socialement et économiquement, sans être encore sûres de s’établir dans ce secteur d’activité.

Le graphe ci-dessus met en lumière l’importance de la tranche d’âge de 36 à 55ans dans le secteur maraîcher de Boulbi tout en soulignant la nécessité de réfléchir à des stratégies pour attirer davantage de jeunes dans cette activité afin d’assurer la relève générationnelle.

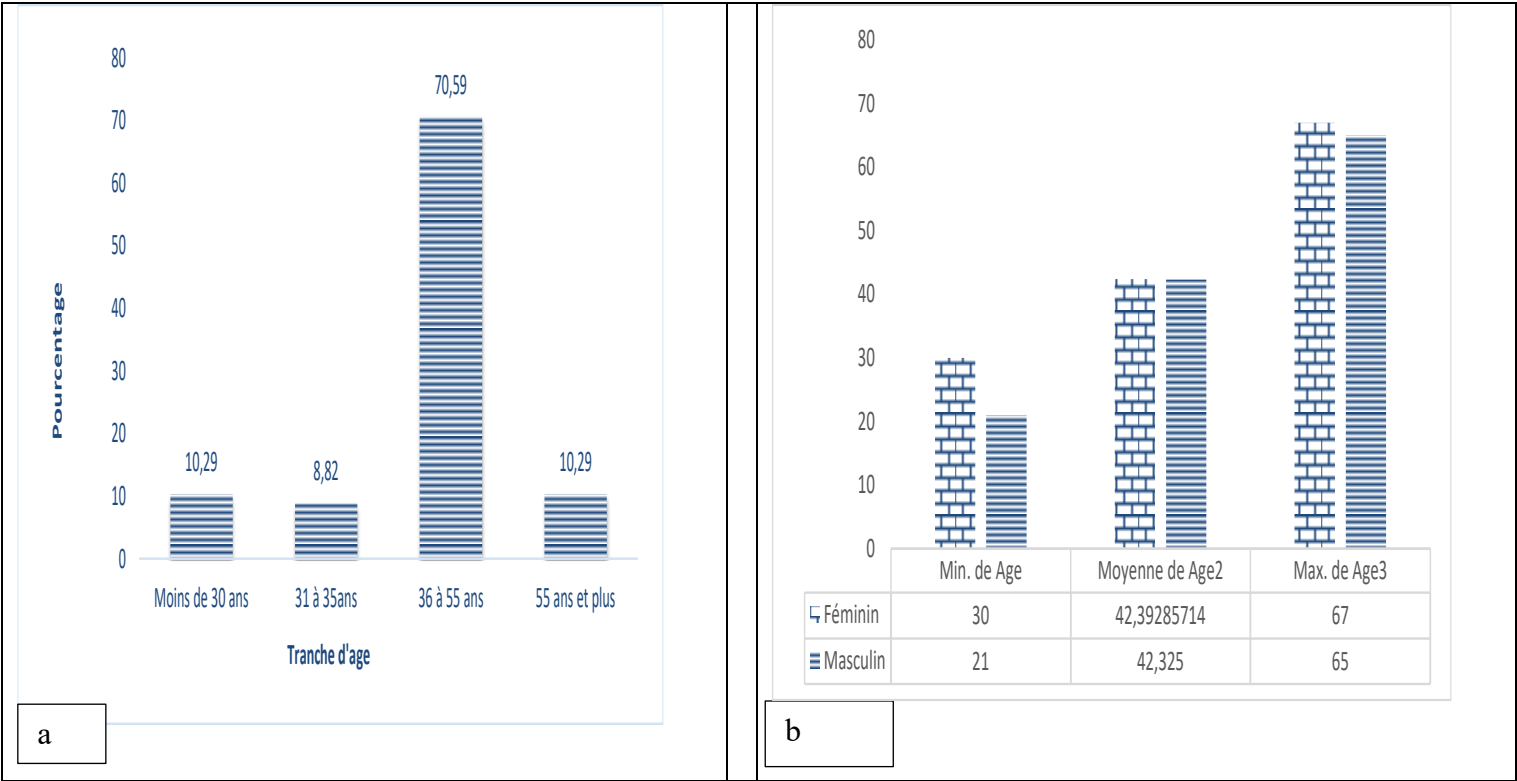


Figure 9:a=Pourcentage des maraichers selon leur âge, b=Résumé statistique des âges

- Niveau de scolarisation des maraîchers

La majorité des maraîchers enquêtés n’a jamais été scolarisée et représente près de deux tiers des enquêtés soit 61,76%. Ce taux reflète un faible accès à l’éducation ou la priorité est le plus souvent donnée à l’activité agricole au détriment de la scolarisation. En effet, la plupart des

maraichers nous ont confié qu'ils n'ont connu que l'agriculture depuis leur jeune âge. Leurs parents pratiquaient l'agriculture et eux ne se sont jamais vu ailleurs que dans les pas de ceux-ci car ils ne savent pas faire autre chose.

Un cinquième des maraichers soit 20,58 % a atteint le niveau primaire donc démontre qu'un certain nombre a eu accès à une éducation de base. Cependant la transition vers les niveaux supérieurs reste limitée.

Les niveaux secondaire et universitaire ont de très faibles pourcentages qui soulignent un défi important en matière de formation académique dans ce secteur ce qui pourrait éventuellement permettre aux concernées de s'orienter vers d'autres professions avec leur niveau. Ceux qui demeureraient dans cette activité malgré un niveau élève pourraient avoir des responsabilités différentes ou utiliser des approches plus avancées dans leur pratique ainsi que nous l'avons observé avec le seul universitaire que nous avons croisé pendant notre enquête : il était le seul à ne pas utiliser les produits phytosanitaires dans ses cultures. Nous pouvons donc dire qu'il existe une corrélation entre le niveau scolaire et l'utilisation des produits phytosanitaires. Cependant un seul individu n'est pas assez représentatif pour confirmer notre conclusion.

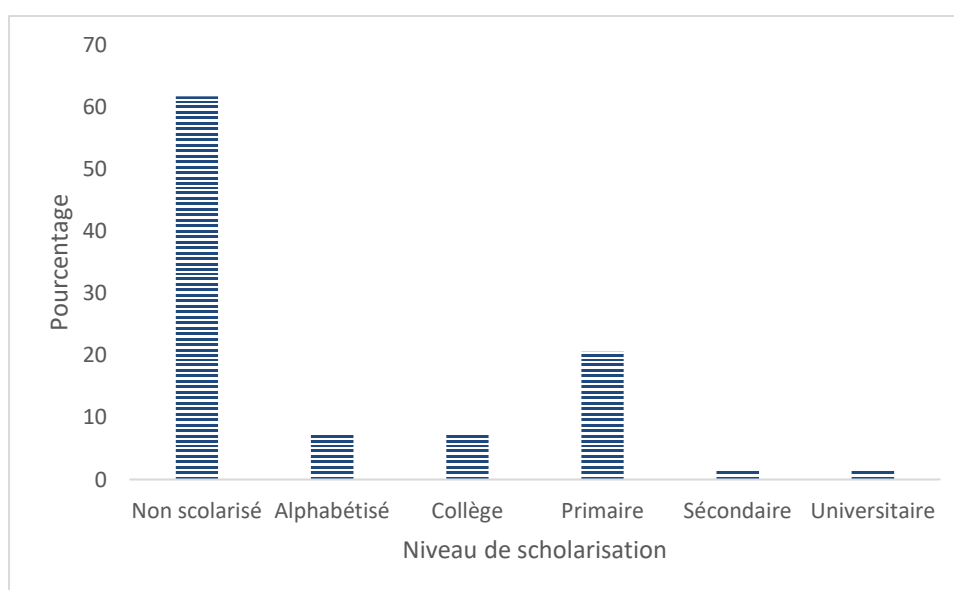


Figure 10: Pourcentage des maraichers selon leur niveau de scolarisation

I.2 Produits phytosanitaires

- Les types de phytosanitaires rencontrés

L'insecticide est de loin le type de produit phytosanitaire le plus utilisé par les maraichers avec une adoption quasi généralisée soit 98,52 % contre à peine 4 % chacune pour les herbicides et les fongicides. Cela démontre que le véritable problème sur ce périmètre maraicher enquêté est la présence d'insectes nuisibles qui pourrait être due soit aux conditions climatiques favorables à la prolifération de ces insectes, soit à la nature des cultures pratiquées qui est particulièrement sensible aux insectes. Cependant cette forte utilisation d'insecticide pourrait à long terme entraîner une résistance des insectes aux traitements, affecter les populations d'insectes bénéfiques comme les pollinisateurs et causer des impacts environnementaux néfastes.

Le très peu d'utilisation des autres types de produit pourrait indiquer que les maraichers ne rencontrent pas de problèmes concernant les fongicides et des mauvaises herbes ou préfèrent le désherbage manuel (daba ou main nue). Ces propos peuvent être corroborés par la situation que nous avons rencontré sur place où les maraichers désherbaient à la daba pour certains et d'autres à mains nu pour les rampes déjà plein de plants.

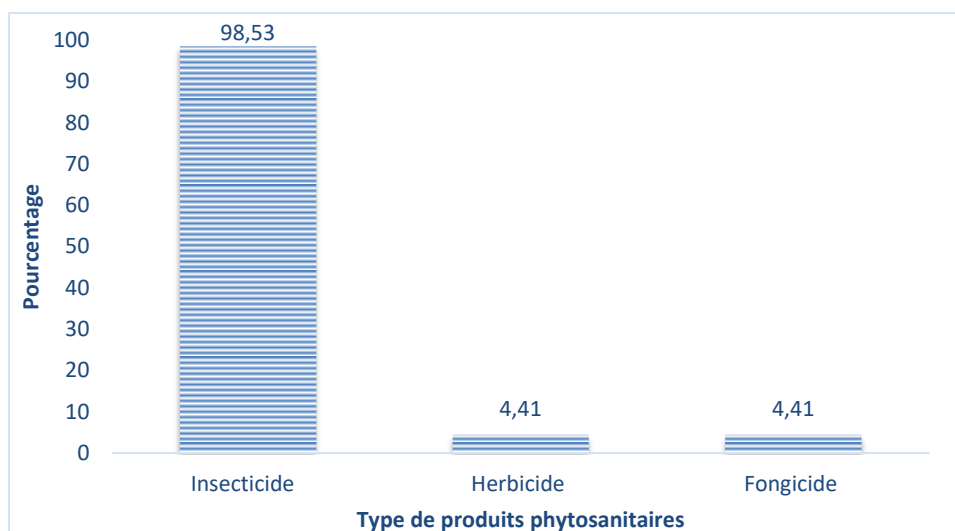


Figure 11: Pourcentage des types de produits phytosanitaires rencontrés

- Les produits phytosanitaires rencontrés

Lors de nos enquêtes, les maraichers ont bien voulu nous laisser prendre en photo les emballages de produits phytosanitaires qu'ils utilisent. Nous avons pu repérer les substances suivantes avec leurs composés actifs :

Tableau 1: Récapitulatif des produits phytosanitaires utilisé sur le site maraîcher avec leurs substance active

Produit	Substance active
Pacha 25 EC	Acétamipride Lambda-cyhalothrine
EMACOT 050 WG	Emamectine benzoate
Indoxan duo	Indoxacarbe Acétamipride
Sumitex 40 EC	Diméthoate

Le tableau ci-dessus regroupe la majorité des molécules actives présentent sur les emballages retrouvés sur le terrain. Le mode d'action de ces molécules a été détaillé à l'annexe IV.

- L'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI)

La majorité des maraîchers soit 64,71% n'utilisent aucun équipement de protection et les 17,64% utilisent des caches nez qui ne sont pas adaptées pour l'utilisation des produits phytosanitaires. Ils sont donc tous exposés à ces produits qui peuvent causer sur une longue exposition des problèmes respiratoires, cutanés, oculaires, des bouffées de chaleur, des céphalées (Dr Son et al.,2017). Certains maraichers nous ont parlé des céphalées qu'ils ressentaient le soir à domicile quand ils ont de grands périmètres à traiter. Ils ont également ajouté que pour éviter cela, ils buvaient du lait après les travaux et cela empêchaient d'avoir des céphalées.

Le reste des maraichers soit 13,23% portent des gants et des cache nez et 2,94% portent uniquement des gants. Ces personnes sont uniquement protégées des contacts physiques et pas de l'inhalation ou tout autre risque donc exposé aux maladies citées plus haut.

Seul 1.47% des maraichers disposait d'une combinaison complète d'EPI, c'est à dire une seule personne parmi les maraichers questionnés. Nous pourrions supposer que cette situation est dû à un manque de sensibilisation sur son importance, une disponibilité limitée des EPI, le cout élève ou le manque de soin de ceux-ci. En effet, sur place, les maraichers nous ont laissé savoir qu'à l'achat de la pompe à pulvériser, une combinaison leur a été offerte mais par manque de

soin celle-ci n'a pas duré, principalement en raison de la qualité du matériau dans lequel elle était fabriquée. Le matériau, étant en plastique, se détériore rapidement lorsqu'il est laissé traîner en plein air sous le soleil. De plus, les maraîchers ne voyaient pas l'intérêt d'en racheter, estimant qu'ils n'en avaient pas réellement besoin et certains par manque de moyens.

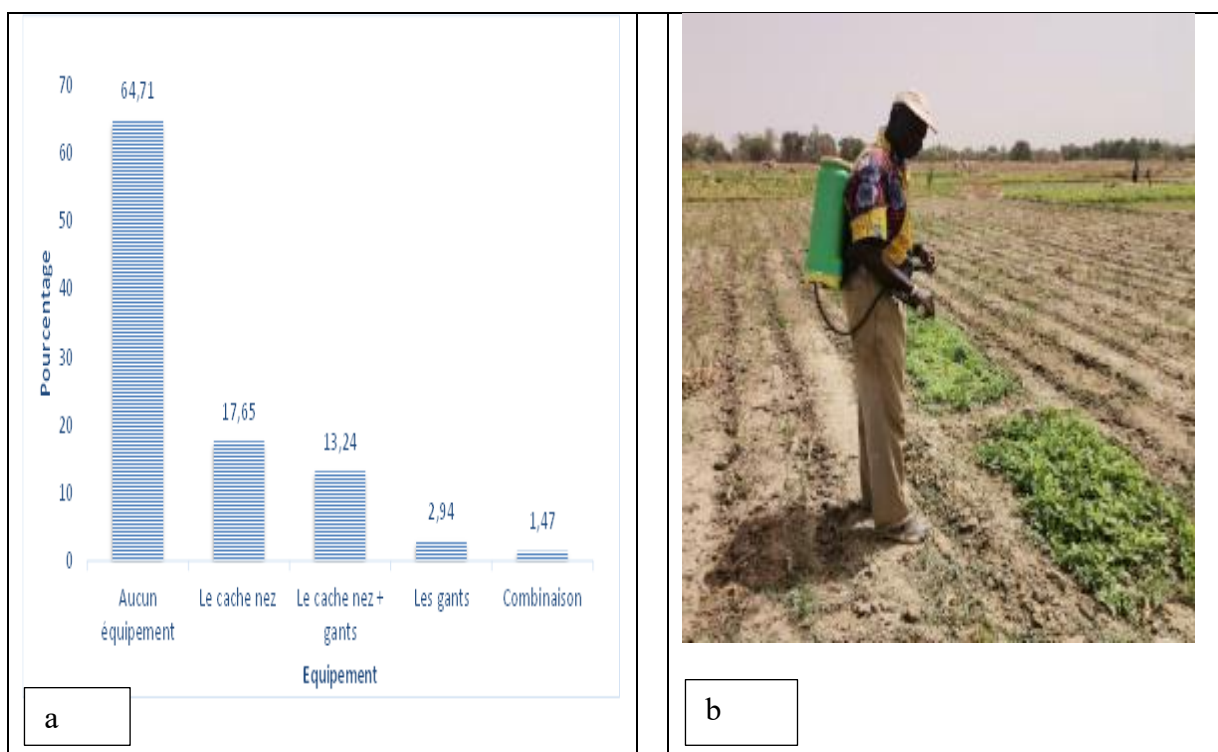


Figure 12 : a : Pourcentage de l'utilisation des EPI par les maraîchers-b : Photo illustratif de maraîcher non protégé lors de l'épandage

- Culture

L'Amarante et l'oseille dominent largement les pratiques maraîchères, avec respectivement près de 74% et 46% des maraîchers qui les cultivent. Cela pourrait indiquer une bonne rentabilité ou une bonne adaptabilité de ces cultures aux conditions locales et une popularité auprès des consommateurs. En effet ces plantes sont très prisées pour leur valeur nutritionnelle et leur utilisation courante dans l'alimentation locale à travers le met très populaire " Babenda ". Il se prépare à base de feuilles d'oseille, feuille d'Amaranthe appelé en langue national mooré "Boulomboula ", d'arachide pilée et du riz.

Bien que l'amarante et l'oseille soient prédominantes, il y a une certaine diversité dans les cultures pratiquées et nous pouvons distinguer le concombre avec un pourcentage de 30%, le chou 28%, le haricot vert 16%, la tomate 9%, la courgette 9%, l'aubergine locale 1%, le poivron

3% et la laitue 3%. Le faible taux de production des légumes comme le poivron la laitue l'aubergine locale et la courgette peut se traduire par des contraintes liées à leur culture ou à la dégradation du sol. Plusieurs maraîchers nous ont confié que la culture d'aubergine locale ne donnait plus sur leurs terres depuis un moment. Selon leurs dire, les plantes n'arrivaient pas à maturation, perdaient leurs feuilles et se desséchaient ou arrivaient à maturation et produisaient de minuscules fruits ou n'en produisaient pas du tout.

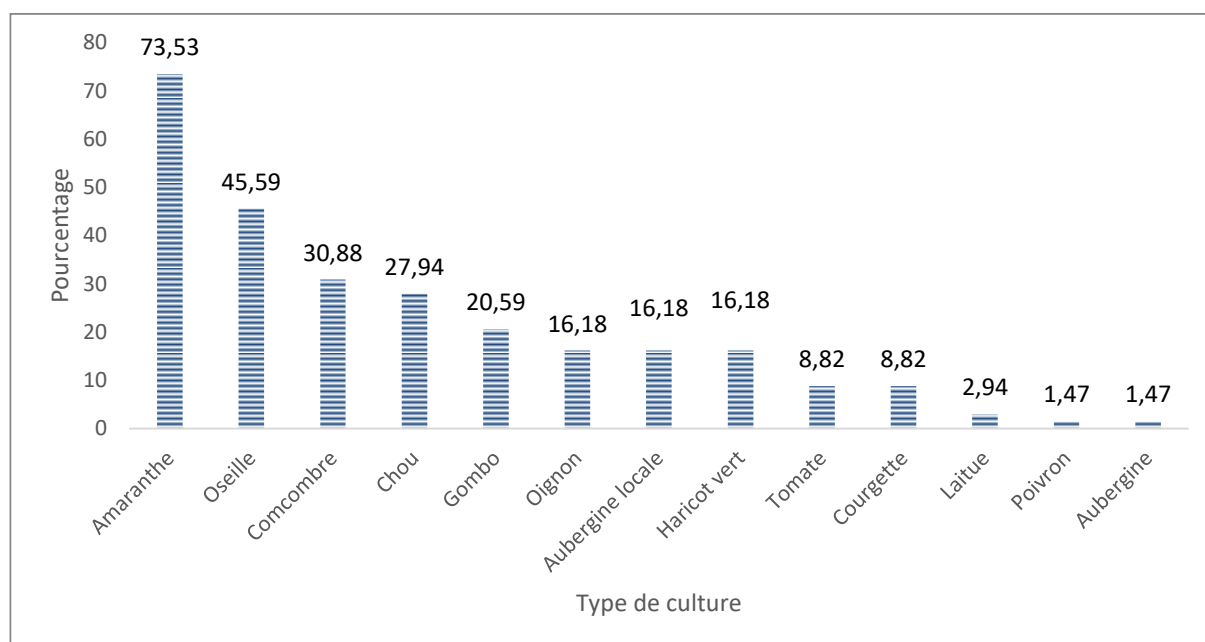


Figure 13 : Pourcentage par types de cultures cultivés

II. Résultats des analyses

II.1. Identifications des molécules de produits phytosanitaires

Les analyses nous ont permis d'identifier une grande liste de molécules par matrice analysés. Nous les avons représentés par un graphe pour plus de facilité d'analyses des résultats. Ainsi, nous avons obtenu le graphe ci-dessous :

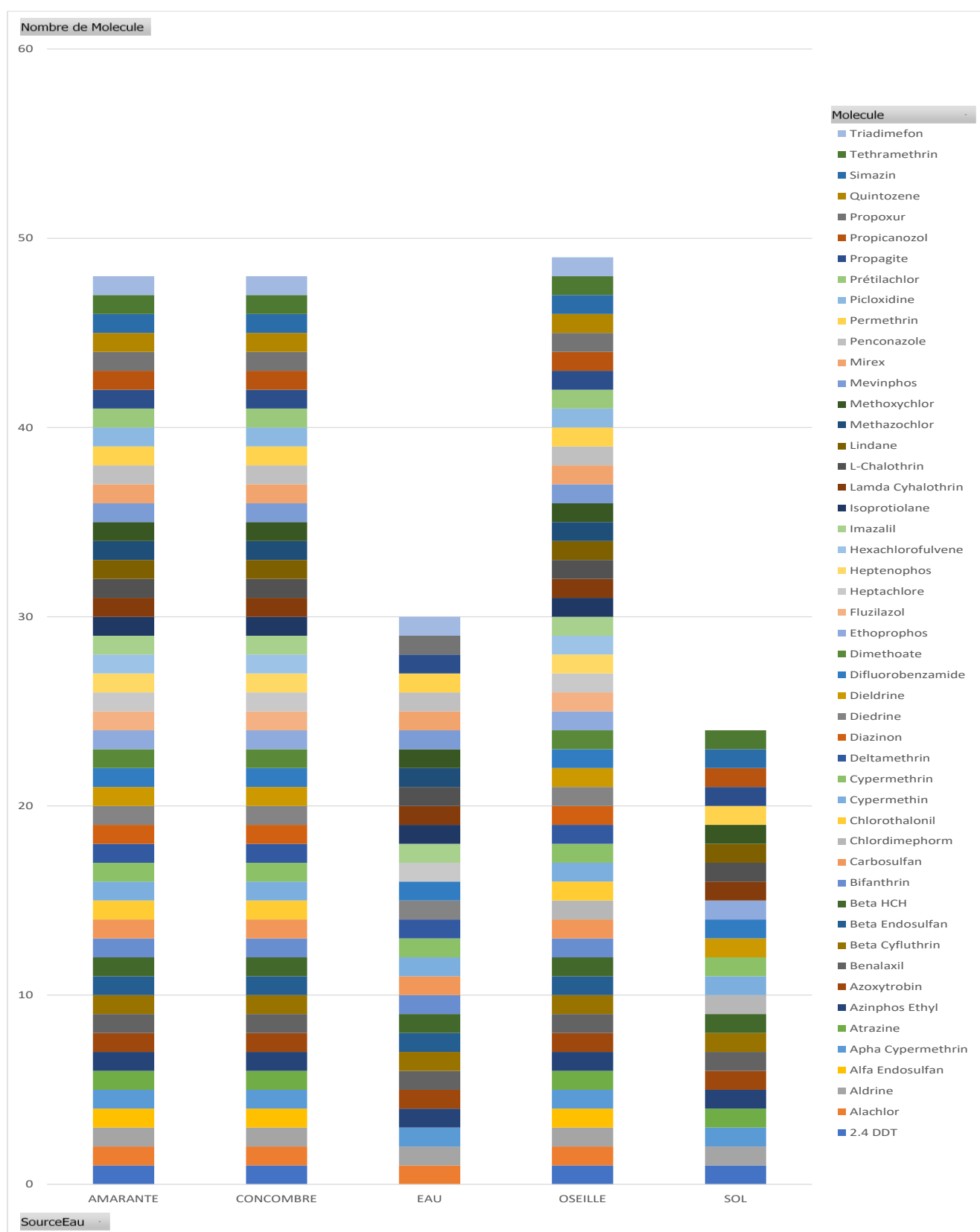
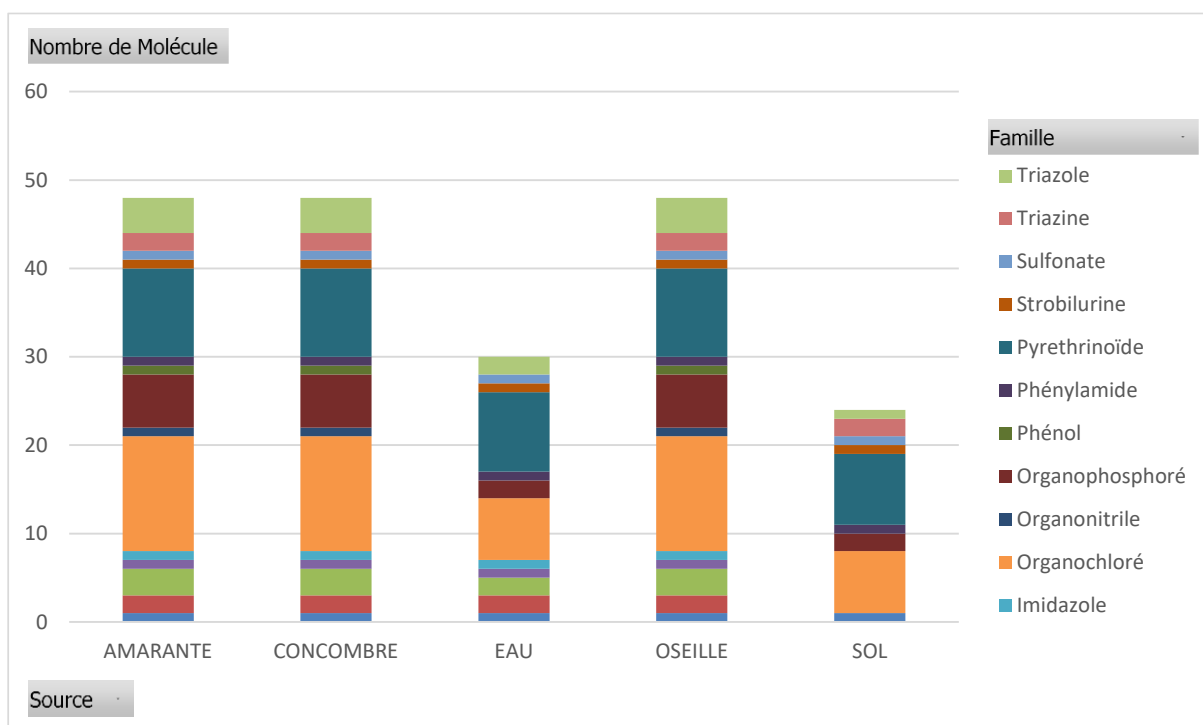


Figure 14 : Ensemble des molécules retrouvées dans les analyses des échantillons de sol4, Amarante et oseille du jour de récolte et les eaux du puit 1.

Nous les avons ensuite classés par famille ces molécules trouvés dans le graphe ci-dessous :



Nous pouvons remarquer dans le graphe que la représentativité de la famille des pyréthrinoïdes et des organochlorées dominant. Pourtant, ces familles de pesticides sont les plus dangereuses que ce soit pour les sols que les êtres humains et sont pour la plupart interdits d'utilisation de nos jours. En effet, la plupart des organochlorés :

- ont commencé à être interdits depuis les années 70 en France mais c'est la convention de Stockholm (2004) (Secrétariat de la Convention de Stockholm, 2001) qui a renforcé leur élimination au niveau mondiale.
- s'accumulent dans le sol de la fait de leur stabilité et de leur faible solubilité dans l'eau. Par contre, ils ont une très grande affinité pour les graisses et s'accumulent dans les organismes bénéfiques du sol qui finit par les tuer et dans les graisses des êtres humains par le biais de l'alimentation, l'eau, l'air ou par contact cutané. Les effets de cette catégorie de molécules vont des perturbations endocriniennes au cancer en passant par le diabète, des troubles immunitaires et neurologiques.

Quant aux pyréthrinoïdes :

- ils sont toxiques pour les insectes tels que les acariens, les collemboles qui sont essentiels pour maintenir la qualité des sols. Ces insectes aèrent le sol en décomposant les matières organiques, en régulant la structure du sol et en éliminant certains

champignons phytopathogènes.

- Ils peuvent aussi rejoindre les cours d’eaux et perturber les organismes aquatiques.
- Quant à ces effets pour l’être humain, ils vont de simples maux de tête, vertige à des convulsions car les pyréthrinoïdes agissent sur le système nerveux bien que son action soit minime sur le corps humain, ils peuvent être très dangereux si l’exposition se fait de façon répétée.
- Ils ne sont pas totalement interdits mais sont soumis à des restrictions pour l’usage des particuliers ou en agriculture.

II.2. Quantification des molécules de produits phytosanitaires

Les analyses nous ont permis de quantifier un ensemble de molécules que nous avons représenté par le graphe ci-dessous.

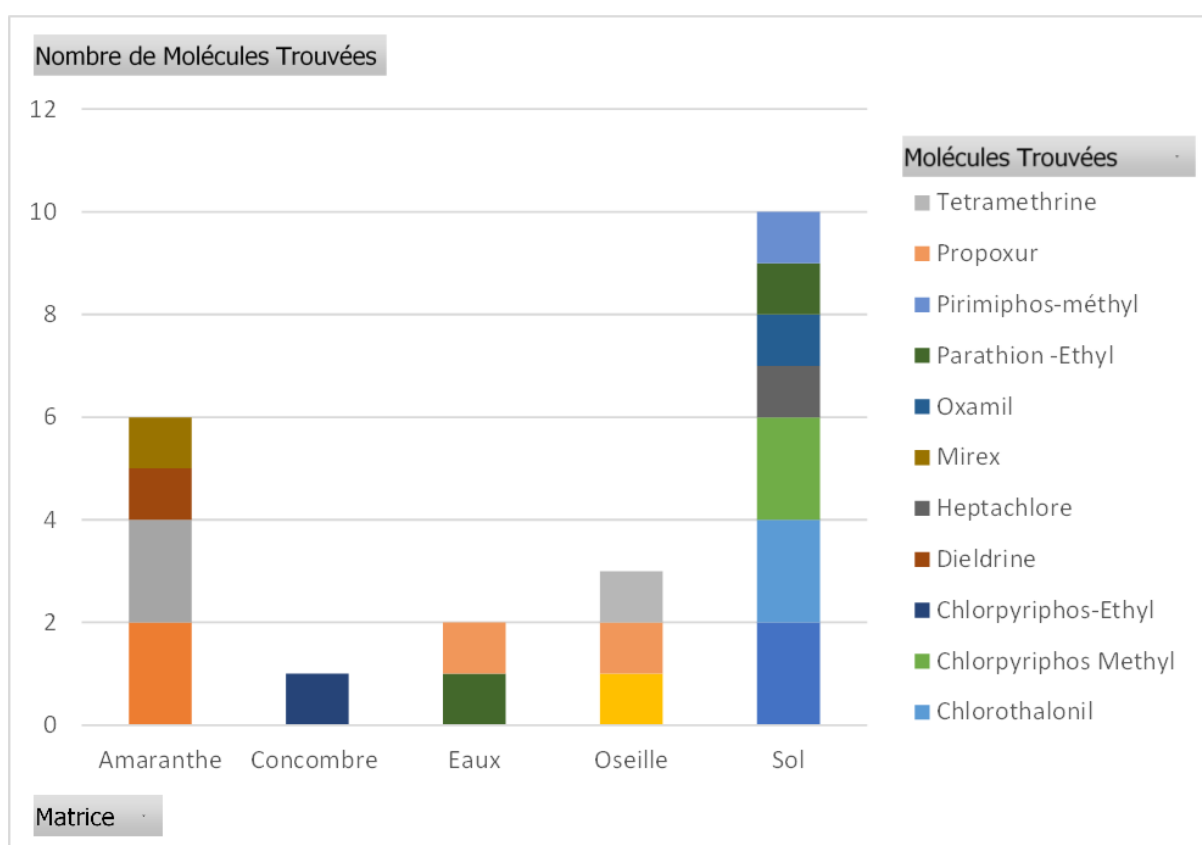


Figure 15 : Ensemble des molécules quantifiées dans les analyses des échantillons de sol, Amarante et oseille et des eaux du périmètre

Dans les détails, après confirmation, nous avons retenu les molécules citées dans les tableaux ci-dessous. Les normes (LMR) sont celles du Codex Alimentarius.

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats d'analyse des échantillons d'eau

Matrice	Nom l'échantillon	Molécule détecté	Quantité(mg/kg)	Normes
Eau	Puit1	Parathion-Ethyl	0,01442	Interdit
	Puit2	<0,01		
	Puit3			
	Barrage RD	Propoxur	0,04	0,01
	Barrage RG	0,01		

Les analyses révèlent la présence du parathion-éthyl dans le puit 1 présenté dans le tableau ci-dessus, et du Propoxur dans le barrage. La pollution des puits peut être expliquée par les photos de la figure 16. En effet, les puits de la zone ont leur ouverture à même le sol et ne sont pas couverts.



Figure 16 : Photos illustratives de l'état des puits rencontrés

On aurait plutôt supposé retrouver dans ces puits une forte proportion de molécules provenant des sols par effet de lessivage. L'échantillon d'eau du barrage doit la molécule de propoxur qui

y a été détectée aux cultures maraichères faites dans le lit du barrage ou aux eaux des drains des parcelles rizicoles.

Pour les sols, les niveaux maximaux de résidus ne sont pas définis sur le Codex Alimentarius. Nous ne disposons pas de limites maximales par rapport à cette matrice. Cependant, nous avons pris la norme générale donnée pour les sols par l'OMS. Le tableau suivant récapitule les résultats d'analyse des échantillons de sols.

Tableau 3 : Récapitulatif des résultats d'analyse des échantillons de sols

Nature	Nom l'échantillon	Molécule détecté	Quantité	Normes
Sol	Sol1	Pirimiphos-méthyl	0,4388	<0,01
		Heptachlore	0,22	
	Sol2	<0,01		
	Sol3	Oxamil	0,28	
	Sol4	Aldrine	0,02	
		Parathion-éthyl	0,44	
		Chlorpyriphos-méthyl	0,1736	
		Chlorothalonil	0,16	
	Sol5	<0,01		
	Sol6			
	Sol7	Chlorpyriphos-méthyl	0,252	
	Sol8	<0,01		
	P1 Jour de récolte			
	P1 (Lendemain de pulvérisation)			
P2 Jour de récolte	Chlorothalonil	0,16		
P2 (Lendemain de pulvérisation)	<0,01			
P3 Jour de récolte	Aldrine			
P3(Lendemain de pulvérisation)	<0,01			

Les résultats d'analyses des sols présentent une multitude de molécules, une situation envisagée grâce à nos lectures. Celles-ci stipulent qu'une infime partie du produit utilisé pour l'épandage atteint l'objectif, le reste soit 30 à 50% passe dans le sol. On remarque que les sols les plus éloignés du barrage (sol1, sol3, sol4) présentent les quantités de molécules les plus élevées. Cela peut s'expliquer par le lessivage des sols par les eaux provenant du déversoir. En effet le périmètre maraicher est situé à l'aval du déversoir donc ces points étant les plus éloignés reçoivent les molécules en quantité par dépôt des solides lessivés par l'eau. La majorité des molécules retrouvées sont des organochlorés dont l'utilisation est déconseillée, voire interdite dans de nombreux pays en raison de leur toxicité élevée, leur persistance dans la nature (molécule très stable), leur bioaccumulation dans la chaîne alimentaire.

Tableau 4 : Récapitulatif des résultats d'analyse des échantillons de feuilles et légumes

Nature	Nom l'échantillon	Molécule détecté	Quantité	Normes
Feuille	Amarante (Jour de récolte)	Mirex	1,16	Interdit
		Bendiocarbe	0,14	0,05
		Alethrine	0,14	0,01
		Dieldrine	0,1	0,02-0 ,05
	Amarante (Lendemain de pulvérisation)	Bendiocarbe	0,76	0,05
		Alethrine	0,08	0,01
	Oseille (Jour de récolte)	Tetramethrine	0,04	0,05
		Carbosulfan	0,06	0,01
		Propoxur	4,40	0,01
	Oseille (Lendemain de pulvérisation)	<0,01		
Légume	Concombre (Jour de récolte)			
	Concombre (Lendemain de pulvérisation)	Chlorpyriphos-Ethyl	0,0144	0,01

L'amarante (Jour de récolte) correspond à l'échantillon d'amarante prélevé le jour de la récolte tandis que l'amarante (Lendemain de pulvérisation) désigne celle prélevée le lendemain du jour d'épandage (6 jours après dans notre cas). Les maraichers, après la récolte, procèdent à une pulvérisation lorsqu'ils constatent que les feuilles ont commencé à repousser. Pour le concombre, le maraicher chez qui nous avons effectué nos prélèvements le fait chaque cinq (5) jours après la cueillette. Les contaminations présentées par le tableau ci-dessus sont très préoccupantes du fait de la consommation de la matrice (feuilles-légumes) mais permet d'expliquer les témoignages des maraichers concernant leur état de santé après la consommation de leurs récoltes, en particulier les femmes. Ces dernières ont partagé des conseils pour réduire les risques d'intoxication quant à la consommation des feuilles. Elles préconisent pour toutes préparations, de d'abord porter à ébullition les feuilles, se débarrasser du filtrat avant de faire notre cuisine.

III. Discussion

Les résultats obtenus des différentes analyses et enquêtes menées permettent de mieux appréhender l'impact de l'utilisation des produits phytosanitaires et les pratiques agricoles dans le périmètre irrigué de Boulbi. Il est plus aisé d'explorer les interactions entre la qualité des ressources naturelles, les pratiques culturelles et les dynamiques sociales des producteurs.

Les analyses des échantillons d'eau ont révélé la présence de pesticides tels que le parathion-éthyl dans les eaux du puit n°1 (0,01442 mg/kg), ce qui est très dangereux pour la population maraichère qui utilise ce puits. En effet, les maraichers se désaltèrent dans ce puits et la substance retrouvée une fois ingérée peut causer des troubles neurologiques, gastro-intestinaux et même respiratoires (PARE, 1985; Ware & Whitacre, 2004). L'analyse a également révélé du propoxur dans les eaux de la rive gauche du barrage situation causée par les activités agricoles pratiquées dans le lit du barrage, ce qui est pourtant interdit.

Pour les cultures, les analyses se sont portées sur les trois cultures les plus rencontrées pendant notre enquête. Les enquêtés montrent que parmi les types de cultures pratiquées, l'amarante l'oseille et le concombre sont les plus fréquentes, cultivées respectivement par 74 %, 46 % et 30% des maraichers. Il y'a également une prédominance marquée de l'utilisation des insecticides (98,52%) par rapport aux herbicides et fongicides (4,41% chacun). Cependant, les résidus de pesticides tels que le Bendiocarb (0,14 mg/kg) et le Mirex (1,16 mg/kg) dans

l'Amaranthe présentent des niveaux supérieurs aux limites maximales de résidus (LMR) avec le Mirex (molécule interdite), mettant en évidence des pratiques d'application excessives ou inappropriées. Le faible niveau d'instruction et de formation technique révélé par l'enquête avec 61,76 % des maraichers qui ne sont pas scolarisés pourrait être la cause de cette situation. En effet, cela limite leur capacité à identifier les bioagresseurs et à choisir les produits appropriés pour les combattre (Ahouangninou et al., 2011). Par ailleurs, des pesticides comme la dieldrine, le carbosulfan affichent des concentrations supérieures à leurs LMR ce qui expose les consommateurs à des risques sanitaires. Ces deux molécules extrêmement dangereuses, ont été restreintes ou interdites dans certains pays. L'ingestion de ces substances même en petite quantité peut entraîner des problèmes allant des diarrhées, vomissement aux troubles respiratoires, hépatiques, cancer et même au coma (Heckel, 2021; Samue et al., 2019) à forte raison une quantité supérieur à la LMR. La présence de ces molécules pour la plupart interdites et à des proportions élevées dans les aliments de consommation témoignent de l'utilisation excessive et anarchique des produits phytosanitaires par les maraichers. Cependant, cette utilisation intensive et anarchique s'accompagne d'un usage insuffisant des équipements de protections individuelles avec 82,33% des maraichers qui ne portent aucun équipement adapté. Ce manque de protection expose les producteurs à des risques sanitaires importants notamment des céphalées rapportées par certains après les traitements. La plupart des maraichers que nous avons enquêté étaient relativement conscients que l'utilisation des produits phytosanitaires sans protection n'était pas sans conséquences mais ne mesuraient pas pleinement le danger au-delà des céphalées qu'ils ressentaient à forte exposition. Pour eux, il n'y a pas besoin de se protéger d'une part et d'autre part le manque de moyens financiers, la non disponibilité de l'équipement à part entière sans la pompe est aussi un frein à leur protection pour l'épandage. Cette situation a été également rapportée par une étude menée au Togo qui corrobore nos constats et justifications avancées par les producteurs (Wael et al., 2009b).

Le risque de contamination importante des sols se retrouve accru face à l'utilisation excessive et anarchique des produits en témoigne l'analyse des sols qui a révélé des contaminations importantes par des molécules comme l'heptachlore (0,22 mg/kg) et l'aldrine (0,02 mg/kg). Ces molécules ont été interdites en raison de leurs graves impacts sur l'environnement et sur la santé humaine. En effet, ces molécules chlorées sont très dangereuses pour les organismes du sol tels que les vers de terre, les bactéries, champignons et insectes bénéfiques aux sols et donc par ricochet très dangereux pour l'homme. Du faite de la chaîne alimentaire, l'homme est exposé à ces molécules compte tenu de la bioaccumulation de ces molécules dans les tissus des

organismes vivants et cela peut perturber le système nerveux, l'appareil hépatique, la régulation des hormones et même être mutagènes, tératogène et cancérigène à long terme (Bouchon & Lemoine, 2003; Cabidoche et al., 2000). La pollution des sols est donc dangereuse pour la santé humaine car elle revient par effet boomerang à l'homme soit par les consommations d'eau ou par la consommation de viande à travers la chaîne alimentaire.

En conclusion, l'analyse des résultats issus des enquêtes et des analyses en laboratoire a permis d'obtenir une vision globale des pratiques phytosanitaires en agriculture maraîchère en analysant les habitudes des producteurs et les types de pesticides utilisés. Les analyses ont révélé la présence de diverses molécules, dont certaines sont interdites tels que le Mirex, le parathion-éthyl présentant des risques très dangereux pour la santé et l'environnement. La discussion des résultats souligne la nécessité d'une meilleure sensibilisation des agriculteurs, d'un encadrement plus strict et de solutions alternatives durables pour limiter l'impact des pesticides sur les sols et la santé humaine.

CONCLUSION-RECOMMANDATIONS-PERSPECTIVES

Conclusion

L'étude réalisée confirme que l'utilisation intensive et souvent inappropriée des produits phytosanitaires dans le périmètre irrigué de Boulbi contribue significativement à la contamination de l'environnement et à des risques sanitaires importants, validant ainsi les hypothèses formulées au départ. Les données collectées mettent en évidence une pollution marquée des eaux, des sols, et des produits maraichers résultant directement des pratiques agricoles observées.

Les analyses révèlent des niveaux préoccupants de pesticides, notamment des substances interdites comme le Mirex et parathion-éthyl, le propoxur, dépassant largement les normes internationales. Ces concentrations exposent les populations locales et les maraichers utilisant les ressources en eaux, à des risques respiratoires. Par ailleurs, la présence des molécules persistantes telles que l'heptachlore et l'aldrine témoigne d'une pollution durable qui pourrait avoir des répercussions à long terme sur la qualité des sols et de l'écosystème environnant.

En ce qui concerne les produits maraichers, les résidus de pesticides comme le Bendiocarbe et le Mirex dépassent les limites maximales de résidus, exposant les consommateurs à des substances toxiques aux effets potentiellement graves, allant de troubles digestifs à des maladies chroniques telles que les cancers. Ces concentrations exposent la population des localités urbaines et semi-urbaines environnantes consommant ces produits maraichers à des risques sanitaires similaires à ceux des populations locales. Ces résultats montrent que, malgré leur volonté de protéger leurs cultures, les maraichers ont contribué, souvent involontairement, à la contamination des sols, des ressources en eau, et des produits destinés à la consommation humaine les exposant ainsi à des risques sanitaires très préoccupantes.

Recommandations

- A l'endroit du Ministère de l'Agriculture
 - Mettre en place des normes type aux réalités du Burkina Faso et les appliquer.
- A l'endroit du CNCP (Comité national de contrôle des Pesticides)
 - Accentuer les contrôles en mettant en place des mesures plus rigoureuses pour vérifier les pesticides utilisés dans les périmètres maraichers notamment par des descentes inopinées pour échantillonner et analyser les cultures destinées à la consommation de la population
- A l'endroit du CNGP (Comité national de gestion des Pesticides)
 - Promouvoir les biopesticides à travers des formations sur leurs utilisations, les conséquences et les avantages.
 - Organiser des séances de sensibilisation au profit des maraîchers en insistant sur les risques sanitaires réels liés à l'épandage de pesticides sans équipement de protection individuelle, tout en mettant en avant la gravité des conséquences (intoxications, maladies chroniques ...)
 - Informer sur les dangers liés à la consommation des eaux des puits sans protections dans un site de culture avec utilisation des produits phytosanitaires et encourager l'utilisation d'eau potable pour la boisson.
- A l'endroit des maraîchers
 - Introduire des cultures associées et appliquer beaucoup plus des méthodes mécaniques ou physiques (paillage, filets anti-insectes).

- Eviter les traitements en période venteuse ou avant la pluie pour limiter le lessivage et utiliser des pesticides adaptés et des doses précises aux besoins réels.
- Porter des équipements adaptés pour l'épandage des produits et conserver les produits dans un local dédié et à l'abri des enfants.

Perspectives

- ✓ Etudier le taux de perte de la biodiversité des sols (micro-organismes, vers de terres) pendant l'utilisation des produits phytosanitaires ;
- ✓ Recherche sur la lixiviation des pesticides vers les nappes phréatiques et leur dispersion dans l'environnement urbain voisin ;
- ✓ Estimation du temps de dégradation du sol par les produits phytosanitaires et adaptation des pratique agricoles afin de la freiner.
- ✓ Recherche sur des solutions naturelles pour restaurer les sols contaminés, comme l'utilisation des bactéries pour la dégradation des molécules dangereux en produits respectueuses de l'environnement.

Limite de notre étude

- ❖ Notre étude n'a pas été financé,
- ❖ Les enquêtes ont été mené par nos propres moyens,
- ❖ Les analyses ont été réalisés à nos frais d'où la limites de molécules quantifiées,
- ❖ Pendant une grande période, le matériel d'analyse à l'ANSSEAT était hors usage, ce qui à étendu la période de notre étude

BIBLIOGRAPHIES

- Agboyi, L. K., Ketoh, G. K., Martin, T., Glitho, I. A., & Tamò, M. (2016). Pesticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations from Togo and Benin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 36(4), 204–210. <https://doi.org/10.1017/S1742758416000138>
- Ahouangninou, C., Fayomi, B. E., & Martin, T. (2011). Assessing health and environmental risks as regards pesticide practices of vegetable growers in the rural city of Tori-Bossito in southern Benin. *Cahiers Agricultures*, 20(3), 216–222. <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0485>
- Baldi, I., Cordier, S., Coumoul, X., Elbaz, A., Gamet-Payraastre, L., Lebailly, P., Multigner, L., Rahmani, R., Spinosi, J., & van Maele-Fabry, G. (2013). Pesticides : Effets sur la santé To cite this version : HAL Id : inserm-02102981 Synthèse et recommandations Effets sur la santé Synthèse et recommandations. *Institut National de La Santé et de La Recherche Médicale(INSERM)*, 1014.
- Bouchon, C., & Lemoine, S. (2003). *Niveau de contamination par les pesticides des chaines trophiques des milieux marins côtiers de la Guadeloupe et recherche de biomarqueurs de génotoxicité*. 1–70.
- Cabidoche, Y., Cattan, P., & Clermont-dauphin, C. (2000). *Pollution persistante des sols aux Antilles par des insecticides organochlorés : HCH et chlordécone encore pour des siècles ? 1*.
- Carrier, G. (2013). *Évaluation De L'Exposition De L'Enfant Aux Substances Toxiques Indésirables Par L'Intermédiaire De L'Allaitement Maternel : Facteurs À Considérer*. https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1650_EvalExposEnfantSubToxi_AllaiteMaternel.pdf
- Carson, R. (1962). *Silent Spring* Houghton Mifflin. In *Boston, MA, USA*.
- Cissé, I., Tandia, A. A., Fall, S. T., & Diop, E. H. S. (2003). Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahiers d'études et de Recherches Francophones/Agriculture*, 34(1), 181–186. <https://doi.org/10.7202/1082401ar>
- Heckel, M. (2021). *Exposition aux pesticides : quels risques pour la santé des agriculteurs ? : une revue systématique de la littérature To cite this version : HAL Id : hal-03298550 soutenance et mis à disposition de l ' ensemble de la Contact : ddoc-thesesexercice-*

contact@. 134.

- Houndété, T. A., Kétoh, G. K., Hema, O. S. A., Brévault, T., Glitho, I. A., & Martin, T. (2010). Insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa. *Pest Management Science*, 66(11), 1181–1185. <https://doi.org/10.1002/ps.2008>
- IFDC. (2017). *Problématique de l'utilisation des produits phytosanitaires en conservation des denrées alimentaires et en maraîchage urbain et péri urbain au Burkina Faso: Cas de Bobo Dioulasso. Ouahigouya et Ouagadougou*. 51.
- J.F.Cruz, & A.Diop. (1994). *Agricultural engineering in development:warehouse technoque - FAO Agricultural service Bulletin* 74. 126. <http://www.fao.org/docrep/t0522e/t0522e00.htm>
- MAAH. (2019). *Stratégie de développement des filières agricoles au Burkina Faso 2019-2023*. 1–35.
- Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. (2007). *Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso. Burkina Faso*.
- Ministère de la santé et de l'Agriculture du Burkina Faso. (2017). *Plan d' action national multisectoriel de lutte contre la résistance aux antimicrobiens 2020-2023*. 83.
- PARE, M. (1985). L'Utilisation Actuelle Des Pesticides Au Burkina Faso. *These De Doctorat*, 1–99. <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD85-11.dir/TD85-11.pdf>
- Primas, S., Bonnefoy, N., & Alquier, J. (2013). *Rapport d'information, Sénat n°42, session ordinaire 2012-2013. I*, 1–348.
- Samue, O., St-Laurent, L., Valcke, M., Chapados, M., & Levasseur, M.-E. (2019). Les risques sanitaires des pesticides: des pistes d'action pour en réduire les impacts. In *Assemblée Nationale du Québec*. <http://www.assnat.qc.ca/fr/travaux-parlementaires/commissions/CAPERNE/mandats/Mandat-40773/memoires-deposes.html>
- Schinasi, L., & Leon, M. E. (2014). Non-hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(4), 4449–4527. <https://doi.org/10.3390/ijerph110404449>
- Secrétariat de la Convention de Stockholm. (2001). *Convention de Stockholm*. http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_fr.pdf
- Siegwart, M. (2022). *mécanismes de résistance aux (bio) insecticides chez des insectes ravageurs des cultures To cite this version : HAL Id : tel-03651781 Combinaisons ,*

caractéristiques et origines de mécanismes de résistances aux (bio) insecticides chez des insectes rav. 193.

- Son, D., Somda, I., Legreve, A., & Schiffers, B. (2017). Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 26(2). <https://doi.org/10.1051/cagri/2017010>
- Tarnagda, B., Tankoano, A., Tapsoba, F., Sourabié Pane, B., Abdoullahi Hissein, O., Djbrine, A. O., Drabo, K. M., Traoré, Y., & Savadogo, A. (2017). Évaluation des pratiques agricoles des légumes feuilles : le cas des utilisations des pesticides et des intrants chimiques sur les sites maraîchers de Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 117(1), 11658. <https://doi.org/10.4314/jab.v117i1.3>
- Toé, M. A. (2007). *Utilisation des pesticides chimiques en cultures maraichères et cotonnières dans la région Est du Burkina Faso, Campagne 2005-2006 et 2006-2007.*
- Wael, E. Z., Benslimane, M., Eddine, S., Bouiadjra, B., & Mederbal, K. (2009a). *Réhabilitation des sites pollués par phytoremédiation.* 9(septembre), 1–15.
- Wael, E. Z., Benslimane, M., Eddine, S., Bouiadjra, B., & Mederbal, K. (2009b). *VertigO - la revue électronique en sciences de l ' environnement.* 9(septembre), 1–20.
- wafa, T. (2017). *Impact de la pollution par les pesticides sur la qualité des terres agricoles.*
- Ware, G. W., & Whitacre, D. M. (2004). *An Introduction to Insecticides:Extrait de The Pesticide Book.* 448. <https://ipmworld.umn.edu/ware-intro-insecticides>
- Wójcik, A., Perczyk, P., Wydro, P., & Broniatowski, M. (2020). Incorporation of cyclodiene pesticides and their polar metabolites to model membranes of soil bacteria. *Journal of Molecular Liquids*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112019>

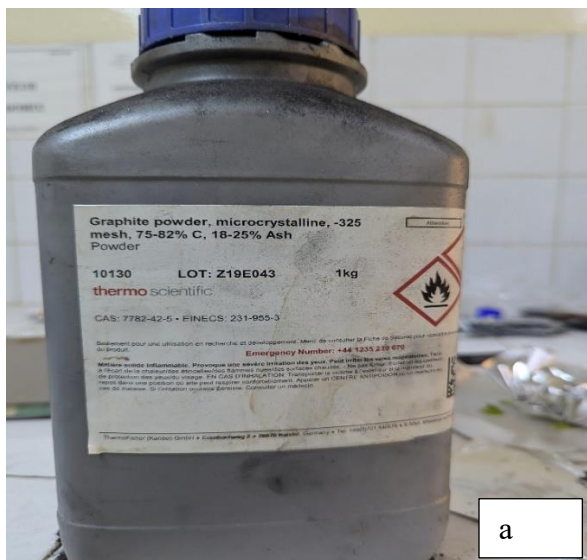
Annexes

Annexe I : Description de la méthode de Quechers et Quechers modifié qui a été utilisé pour nos échantillons

Matière	Méthode de préparation
Eau	-Prélever 10 g d'échantillon d'eau dans les tubes coniques de 50ml l'aide d'une balance -Ajouter 10 ml de dichlorométhane dans le tube -Ajouter le kit d'extraction probablement constitué -Agiter à l'aide d'un agitateur appelé vortex pendant une minute -Centrifuger à 3500 tours par minute pendant 5 minutes dans une centrifugeuse -Prélever 6 ml de l'extrait organique et transféré dans les tubes de 0.15 ml -Ajouter les kits de purification -Vortexer pendant une minute et centrifugé a 3500 tours /min pendant 5 min - Prélever 1ml de l'extrait organique purifié et le placer dans un Vial et fermé. -Placer dans la GC-MS et programmer la séquence
Sol	-Prélever 10 g d'échantillon de sol dans les tubes coniques de 50ml l'aide d'une balance -Ajouter 10 ml d'eau purifié -Ajouter 10 ml d'acétonitrile -Ajouter le kit d'extraction probablement constitué -Agiter à l'aide d'un agitateur appelé vortex

	pendant une minute -Centrifuger à 3500 tours par minute pendant 5 minutes dans une centrifugeuse -Prélever 6 ml de l'extrait organique et transféré dans les tubes de 0.15 ml -Ajouter les kits de purification -Vortexer pendant une minute et centrifugé a 3500 tours /min pendant 5 min - Prélever 1ml de l'extrait organique purifié et le placer dans un Vial et fermé. -Placer dans la GC-MS et programmer la séquence
Feuilles et légumes	-Broyer l'échantillon de feuille, concombre - Prélever 10 g dans un tube conique de 50 ml -Ajouter 10 ml d'acétonitrile -Ajouter le kit d'extraction préalablement constitué -Agiter à l'aide d'un agitateur appelé vortex pendant une minute -Centrifuger à 3500 tours par minute pendant 5 minutes dans une centrifugeuse -Prélever 6 ml de l'extrait organique et transféré dans les tubes de 0.15 ml -Ajouter les kits de purification et du charbon -Vortexer pendant une minute et centrifugé a 3500 tours /min pendant 5 min - Prélever 1ml de l'extrait organique purifié et le placer dans un Vial et fermé. -Placer dans la GC-MS et programmer la séquence

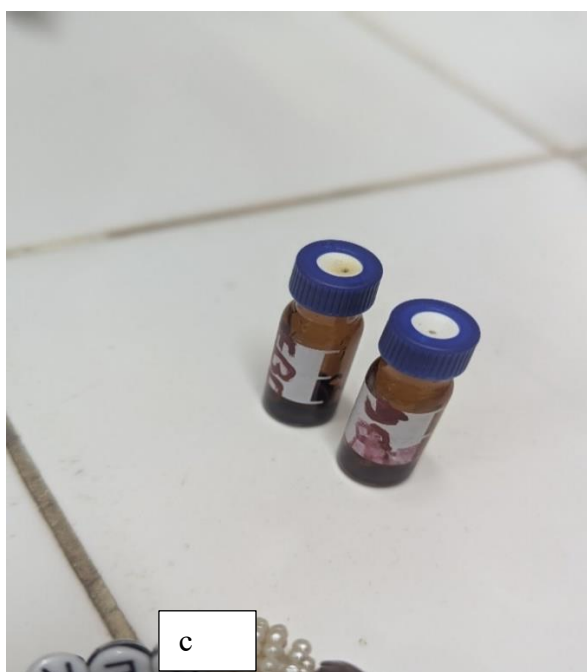
Photos illustratives du matériels utilisés au laboratoire



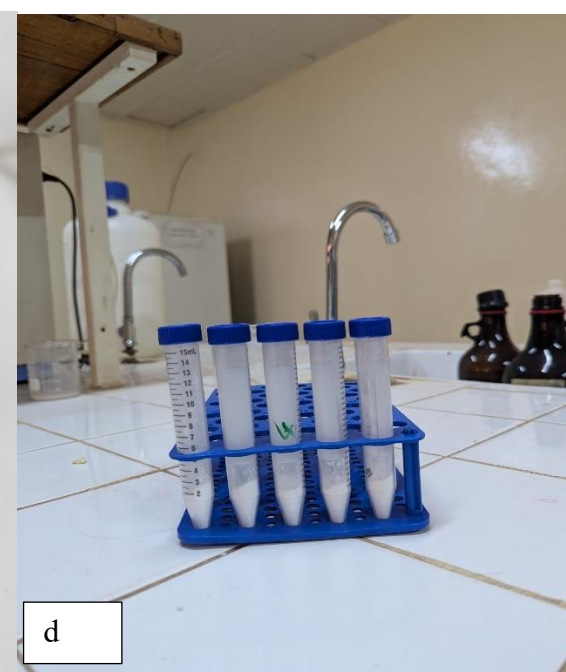
a



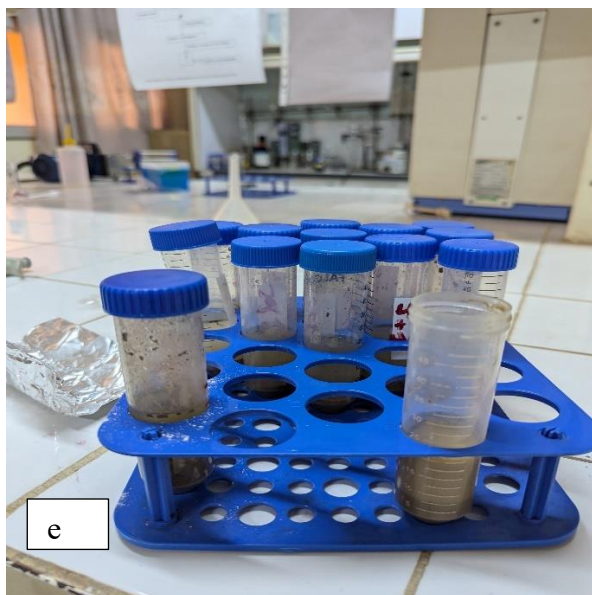
b



c



d



- a : Une boîte de la poudre de charbon
- b :Prélèvement du substrat organique pour mise en Vial
- c : Des Vial
- d : Des tubes de purification
- e :Tube d'extraction
- f :Une centrifugeuse
- g :Un vortex

Composition des kits utilisés

Kit d'extraction :

- Sulfate de magnésium anhydre (Mg_2SO_4) :4 g, il permet de retirer l'eau des échantillons et une bonne homogénéisation ;
- Chlorure de sodium (Na Cl) :1g ,il permet la réduction des interférents polaires ;
- Citrate tri-sodique dihydraté ($\text{C}_6\text{H}_9\text{Na}_3\text{O}_9$) : 1g +sodium citrate dibasique sesquihydraté : 0,5g sont des sels de tampons pour la phase de séparation et l'ajustement du pH

Kit de purification :

- Amine primaire secondaire (PSA) :0,15g destinée à éliminer les pigments polaires, les composés acides, les sucres et les acides gras ;
- Mg_2SO_4 :0,9g

Annexe II : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) et traitement des données

➤ Appareillage

Le chromatographe en phase gazeuse comprend trois éléments dont un injecteur, une colonne contenue dans un four et un détecteur :

- L'injecteur : zone chauffée où l'échantillon est introduit en solution au moyen d'une seringue puis vaporisé et mélangé au gaz vecteur. L'injection peut se faire en mode « splitless » sans division de flux ou en mode « split » avec division de flux ;
- Le gaz vecteur constitue la phase mobile. Il est inerte et n'a de fonction que de permettre l'élution des composés dans la colonne analytique. En fonction des détecteurs, l'hélium, le diazote ou le dihydrogène sont utilisés ;
- Le four contenant la colonne : la phase stationnaire de la colonne représentant le film chimique est en silice ;
- Le détecteur : le spectromètre de masse (MS) est le seul à fournir des informations structurales sur les composés analysés et à permettre la quantification de composés non séparés par le chromatographe. Le détecteur est relié à un ordinateur. Le chromatographe utilisé est de la marque Agilent 6890 series.

➤ Etapes de l'analyse

Les différentes étapes de l'analyse d'un échantillon sont :

- L'injection : les analytes sont vaporisés à 270°C dans l'injecteur à un débit de 1,5mL/min. Le volume d'injection étant de 1µL. Après vaporisation, les analytes sont conduits dans la colonne par le gaz vecteur qui est l'hélium N60 à 99,9999% en mode splitless. L'injection se fait de façon automatique à l'aide de l'auto sampler ;
- La séparation : constitue le fractionnement des molécules en fonction de leur température de vaporisation dans la colonne (Capillaire DB-35ms (30m x 0,25mm x 0,25µm) en silice) avec une énergie de fractionnement de 69,9eV par Impact électronique (EI). Les molécules à masses molaires plus faibles sont les premières à sortir de la colonne et les masses les plus grandes à la suite. Le programme thermique commence avec une température initiale de 70°C pendant cinq (05) minutes, qui passe à 120°C pendant vingt (20) minutes, puis 200°C pendant dix (10) minutes et enfin 310°C pendant cinq (05) minutes. Le temps de l'analyse est estimé à 42,5 minutes ;
- La détection est fonction de la fragmentation et de l'amplification du signal avec le

spectromètre de masse (Agilent 5973N) selon le rapport masse/charge (m/z) des molécules ;

- Pour la quantification, des solutions mères de standards sont préparées à concentrations croissantes incluant les LMR des molécules. Les temps de rétention (RT) des molécules sont enregistrés. Ensuite, une gamme de calibration avec minimum six (06) points est établie avec une linéarité de R2 supérieure à 0,97. La limite de détection et la limite de quantification étaient de 0,01mg/L.

Ces différentes gammes de calibration sont enregistrées dans la bibliothèque interne du logiciel CHEM Station.

➤ Traitement des données et confirmation des données

Les différents chromatogrammes issus des analyses ont été analysés avec le logiciel CHEM station contenu dans la GC-MS et la FID pour quantifier les molécules trouvées. Cette quantification dépend des gammes de calibration internes établies présent. La concentration donnée est confirmée en la comparant avec les gammes préparées.

Une gamme est une solution étalon contenant des quantités connues et précises de différents molécules de pesticides. C'est une solution de référence pour comparer les résultats obtenus lors des analyses d'échantillons réels pour garantir la qualité et la fiabilité des résultats obtenus. La concentration obtenue à la sortie de ce processus est soumise à la formule suivante :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

(C_i concentration diluée, V_i volume initial, C_f concentré, V_f volume initial)

$$Teneur = concentration\ d'essai * 2\ (mg/kg)$$

Annexe III : Résultats des analyses menées et les normes

Site	Matrice de l'échantillon	Pesticide détectés	Molécules Trouvées	Résultats d'analyses (mg/kg)	LOQ limite quantification (mg/kg)	LMR **Codex *SQE CEE (mg/kg)
Boulbie	Eaux	Puit 1	Parathion-Éthyl	0,01442	0,004	Interdit
		Puit 2	<0, 01			
		Puit 3	<0, 01			
		Eau barrage (Rive gauche)	Propoxur	0,04		0,01
		Eau barrage (Rive droit)	<0, 01			
	Sol	Sol 1/7	Pirimiphos-méthyl	0,4388	0-0,03	Pas de LMR
			Heptachlore	0,22	0,0001	
		Sol 2/7	<0, 01			
		Sol 3/7	Oxamil	0,24	0-0,009	

		Sol4/7		Aldrine	0,02			
				Parathion -Ethyl	0,44			
				Chlorpyrimiphos Methyl	0,1736			
				Chlorothalonil	0,16			
		Sol 5/7		<0, 01				
		Sol 6/7		<0, 01				
		Sol 7/7		Chlorpyriphos-Methyl (CPM)	0,252	0-0,01		
		Sol 8/7		<0, 01				
		P1 J		<0, 01				
		P1 J+1		<0, 01				
		P2		Chlorothalonil	0,16			
		P2 J+1		<0, 01				
		P3		Aldrine	0,02			
	P3 J+1		<0, 01					
	Feuille	Jour de récolte	Amaranthe	Mirex	1,16		Interdit	
				Bendiocarbe	0,14	0,01	0,05	
				Alethrine	0,14		0,01	

				Dieldrine	0,1	0,012-0,828	0,02-0,05
			Oseille	Tetramethrine	0,04	0,021-0,043	0,05
				Carbosulfan	0,06	0,01	0,01
				Propoxur	4,40		0,01
	Légume	Jour +1 après pulvérisation	Concombre (Cucumis sativus)	<0, 01			
	Feuille		Amaranthe	Bendiocarbe	0,76		0,05
				Alethrine	0,08		0,01
			Oseille	<0, 01			
	Légume		Concombre	Chlorpyriphos-Ethyl	0,0144	0,01	0,01

Annexe IV : Recueil de la majorité des produits phytosanitaires rencontrés et des substances actives qu'ils contiennent.

Produit	Substance active	Photos
Pacha 25 EC	<u>Acétamipride</u> : C'est un insecticide systémique de la classe des néonicotinoïdes. Il agit sur le système nerveux centrale des insectes suceurs comme les pucerons et les mouches blanches <u>Lambda-cyhalothrine</u> : c'est un insecticide de contact appartenant à la famille des pyréthrianoïdes. Il perturbe les fonctions nerveuses des insectes et est souvent utilisé pour contrôler une large gamme de ravageurs. Ces deux substances combinées permettent d'avoir un effet à la fois systémique et de contact, rendant le	 

	produit efficace contre divers types de nuisibles.	
EMACOT 050 WG	Emamectine benzoate : C'est un insecticide systémique qui agit sur le système nerveux des insectes. Il perturbe la transmission des impulsions nerveuses qui entraîne une paralysie et finalement la mort de l'insecte.	 

Indoxan duo	Indoxacarbe : Il agit principalement par contact et ingestion. Il perturbe la transmission nerveuse des insectes, entraînant leur paralysie et leur mort. Il est particulièrement efficace contre les lépidoptères (chenilles) et les coléoptères. Acétamipride : C'est un insecticide systémique qui pénètre dans la plante et est absorbé par les insectes en se nourrissant. Il agit sur le système nerveux central des insectes, provoquant leur paralysie et leur mort. Il est efficace contre un large spectre d'insectes, y compris les pucerons, les aleurodes et les punaises.	 
-------------	---	--

Sumitex 40 EC	Dimethoate :C'est un insecticide organophosphoré qui inhibe l'acétylcholinestérase. Cela qui entreine une accumulation d'acétychloline, un neurotransmetteur provoquant ainsi une paralysie et la mort de l'insecte.	
---------------	--	--