



**Analyse des résidus de pesticides dans les produits maraichers sur le site
du barrage de Loumbila au Burkina Faso:
Évaluation des risques pour la santé.**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 06 novembre 2015 par

Yao Pokou Marius KOLIA

Travaux dirigés par :

Dr Yacouba KONATE, Enseignant-Chercheur

M. Jean Jacques NFON DIBIE, Ingénieur de recherche

Laboratoire Eau, Dépollution, Ecosystème et Santé (LEDES)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Yohan RICHARDSON

Membres et correcteurs : Dr Igor OUEDRAOGO

M. Ghislain AHOULE

Promotion [2014/2015]

CITATION

« Le problème, lorsque vous mangez comme on le recommande cinq fruits et légumes par jour, est que ces fruits et légumes-là sont chargés de pesticides. »

William Reymond¹

¹ Journaliste d'enquête indépendant et auteur du livre Toxic. Extrait de *Toxic : Obésité, malbouffe, maladie : enquête sur les vrais coupables* (2007).

DEDICACE

Je dédie ce travail à mon père
KOLIA DIBI YAO ANDRE

Et à ma mère

OHOULAN Akouba

*qui ont su me donner le courage et l'attention nécessaires pour
que je puisse arriver à ce niveau.*

*Trouvez dans ce travail la joie pour moi d'être votre fils.
Puisse le Tout Puissant vous apporter le bonheur espéré.*

REMERCIEMENTS

Merci à l'Éternel Dieu pour sa grâce dans ma vie.

Mes remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Je remercie sincèrement :

- ❖ Dr **Yacouba KONATE**, Dr **Awa KOITA**, M. **Jean Jacques NFON DIBIE**, M. **Boukary SAWADOGO** et M. **Edouard LEHMANN**, pour m'avoir accueilli au sein de l'équipe du programme 3^E (Eau, Environnement et Energie) de la DDC (Direction de Développement et de la Coopération Suisse) et témoigné leur soutien scientifique et moral tout au long du travail. Ce fut un plaisir de travailler avec vous.
- ❖ **Campus France** à travers le projet C2D AMRUGE-CI (Appui à la Modernisation et à la Réforme des Universités et Grandes Ecoles de la Côte d'Ivoire), au **Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de la Côte d'Ivoire** et au **Projet DDC-2iE** pour m'avoir permis, par leur soutien financier et matériel, de mener à bien ma formation de Master en ingénierie et ces travaux de recherche.
- ❖ **Nadiah CONGO** et **Nuria TURRERO ALVAREZ** qui ont contribué par leur soutien et amitié, à la progression de mon travail.
- ❖ L'équipe du laboratoire **GR-CEL** (Central Environmental Laboratory) de l'**EPFL** (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) en Suisse pour leur collaboration.
- ❖ **Nafissatou SAWADOGO** et **Blédja Stéphanie KOFFI** pour leur soutien technique.
- ❖ M. **Hema SOUHAMAI** du laboratoire LEDES (Laboratoire Eau, Dépollution, Ecosystème et Santé) pour son appui technique au laboratoire.
- ❖ mon Guide-interprète **Lassane KAFANDO** et tous les maraîchers de Loumbila pour leur fructueuse collaboration dans la réalisation des enquêtes.
- ❖ Le Président de jury et les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner et de juger ce travail.
- ❖ La promotion A du Master Eau et Assainissement du 2iE (2014-2015) dont ce fut un réel plaisir de les servir en tant que délégué.

Enfin, mes remerciements vont à l'endroit de ma famille et tous mes proches qui m'ont toujours aidé et soutenu dans mes choix.

RESUME

Au Burkina Faso, l'agriculture intensive pratiquée essentiellement dans les zones périurbaines fait appel à une forte utilisation des pesticides pour augmenter les rendements. Cette utilisation des pesticides engendre des résidus de pesticides dans les produits maraichers. La consommation de ces aliments et de l'eau renfermant des teneurs parfois élevées de pesticides peut générer des risques sanitaires importants pour la population. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer et quantifier les résidus de pesticides dans les produits maraichers à Loumbila et leurs impacts potentiels sur la santé des consommateurs, notamment les maraichers. Dans ce contexte, nous avons réalisé une enquête alimentaire des rappels de 24 heures auprès de 126 maraichers dans 10 villages de la commune rurale de Loumbila. Cette enquête a permis de mettre en évidence des habitudes et des types de consommations alimentaires monotones, tournées plus vers les légumes-feuilles, la tomate, l'aubergine, le gombo et le concombre. Pour déterminer les apports en résidus de pesticides dans une ration alimentaire, 46 échantillons de légumes frais (tomates, oseille, gombo, aubergine et concombres) ont été prélevés au cours de l'enquête des 24 heures puis analysés. Les analyses ont été faites par chromatographie liquide et par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse après une extraction multi-résidus par la méthode QuEChERS (Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe). Les résultats des analyses obtenus ont été évalués en fonction des limites maximales de résidu (LMR) des normes Codex pour chaque culture et matière active. Les analyses effectuées ont permis de mettre en évidence la présence de résidus de pesticides dans tous les échantillons. Parmi ces échantillons positifs, cinq (10,9 %) avaient des concentrations au-dessus de la LMR. Les valeurs de LMR ont été le plus souvent dépassées dans les gombos et les feuilles d'oseille. Par la suite, les apports quotidiens en résidus ingérables ont été calculés par matière active prise individuellement. Les résultats ont montré que les quantités de résidus ingérables estimées représentaient une petite proportion des Doses Journalières Admissibles (DJA) des matières actives correspondant ainsi à un risque faible pour la santé de la population.

Mots clés : légumes, Loumbila, maraichers, pesticides, risques sanitaires.

ABSTRACT

In Burkina, the intensive agriculture essentially practiced in the peri-urban area called on a strong use of pesticides to increase the outputs. This use of the pesticides generates residues of pesticides in the market products. The consumption of this food and water containing contents raised of pesticides can generate important sanitary risks for the population. In this context, we achieved a food investigation of the recalls of 24 hours by 126 market gardeners in 10 villages of the farming township of Loumbila. This investigation permitted to put in evidence of the habits and the types of monotonous food consumptions, tours more toward the vegetables-leaves, the tomato, the eggplant, gumbo and the cucumber. To determine the contributions in residues of pesticides in a food ration, 46 cool vegetable samples (tomatoes, sorrels, gumbo, eggplant and cucumbers) have been appropriated during the investigation of the 24 hours then analyzed. The analyses have been made by liquid chromatography and by chromatography in sparkling phase coupled to the spectrometry of mass after a multi-residues extraction by the QuEChERS method. The results have been valued according to the Maximal Limits of Residual (MLR) of the norms Codex for every culture and active matter. The done analyses put in evidence the presence of residues of pesticides in all samples. Among these positive samples, 3 (7%) had some concentrations the MLR above. The values of MLR were the most often out of date in gumbos and the leaves of sorrel. Thereafter, the daily contributions in unmanageable residues have been calculated by pesticide took individually. The gotten results showed that the quantities of valued unmanageable residues represented a small proportion of the Acceptable Daily Intake (ADI) of the pesticides corresponding to a weak risk.

Key words: market gardeners, Loumbila, vegetables, pesticides, sanitary risks.

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : degré Celsius

CILSS : Comité permanent Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

CNCP : Commission Nationale de Contrôle des Pesticides

CODEX : Commission D'Experts sur l'alimentation

CPG ou GC: Chromatographie en Phase Gazeuse

CPL ou LC : Chromatographie en Phase Liquide

CSP : Comité Sahélien des Pesticides

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

DJA : Dose Journalière Admissible

EDI : Estimated Daily Intake

EFSA : European Food Safety Authority

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

LMR : Limite Maximale en Résidus

MA : Matière Active

MgSO₄ : Sulfate de Magnésium

NaCl : Chlorure de Sodium

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

QuEChERS: Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

TABLE DES MATIERES

CITATION	i
DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
TABLE DES MATIERES	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1 Maraichage	3
I.1.1 Définition	3
I.1.2 Importance socioéconomique	3
I.2 Pesticides	4
I.2.1 Définitions.....	4
I.2.2 Composition	5
I.2.3 Classification.....	6
I.2.4 Méthodes d'analyse multi résidus dans les différentes matrices.	9
I.3 législation et réglementation pour l'utilisation des pesticides.....	12
I.3.1 Normes de Codex Alimentarius	12
I.3.2 Dose Journalière Admissible	13
I.3.3 Législation dans le secteur des pesticides au Burkina Faso.....	14
I.4 Impacts liés à l'utilisation des pesticides	14
I.4.1 Impacts environnementaux	14
I.4.2 Impacts sanitaires	15
I.5 Techniques d'enquête alimentaire.....	15
I.5.1 Techniques prospectives	16
I.5.2 Techniques rétrospectives	17
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	18

II.1 zone d'étude	18
II.2 Méthodologie d'enquête, d'échantillonnage de légumes et d'analyse au laboratoire	20
II.2.1 Enquête sur le régime alimentaire	20
II.2.2 Echantillonnage de légumes	22
II.2.3 Méthodes d'extraction et d'analyse multi-résidus dans les aliments.....	24
II.2.4 Evaluation de la dose de pesticide ingérée.	26
II.2.5 Analyse statistique des données.....	26
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	27
III.1 Caractérisation du régime alimentaire des maraîchers.	27
III.2 Résultats d'analyses des échantillons de légumes	29
III.3 Quantité de résidus de pesticides estimée ingérable par jour par personne.....	40
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46
ANNEXES.....	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Limites Maximales en Résidus de pesticides en mg/kg (Codex, 2002).....	13
Tableau II: Récapitulatif des échantillons prélevés.....	22
Tableau III: Répartition des maraîchers enquêtés.....	27
Tableau IV: Liste des pesticides recensés sur le site d'étude.....	30
Tableau V: Substances actives des enquêtes et des analyses.....	33
Tableau VI: Intervalles de variation des résultats des analyses GC et LC des échantillons de légumes.....	35
Tableau VII: Présence de résidus dans les échantillons.....	36
Tableau VIII: Contamination des échantillons par matière active.....	38
Tableau IX: Quantité d'aliments consommée par jour.....	40
Tableau X: Apports quotidiens en résidus de pesticides par chaque aliment en mg/kg poids corporel/jour.....	41
Tableau XI: Apports quotidiens en résidus de pesticides par l'ensemble des aliments (mg/kg) comparés aux DJA (Codex) (en mg/kg).....	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la commune de Loumbila.....	19
Figure 2: Mesure d'une quantité de riz consommé.....	21
Figure 3: Echantillons de concombres et de tomates.....	23
Figure 4: Extraits de surnageant dans les tubes Supel-Que Z-Sep/C18. (Source Kolia).	25
Figure 5: Plat de Tô avec une sauce de feuille d'oseille.....	28
Figure 6: Pesticides utilisés pour le traitement d'une parcelle d'aubergine. (Source Kolia)	31
Figure 7: Classification des pesticides recensés auprès des maraîchers selon leur formulation.....	32
Figure 8: Concentrations en pesticides des différentes spéculations.	37

INTRODUCTION

Le Burkina Faso comme beaucoup d'autres pays africains en voie de développement, a connu ces dernières années une forte croissance démographique induisant un accroissement des besoins alimentaires. Ainsi, pour faire face à ce défi, les populations pauvres des villes et plus particulièrement celles de Loumbila se tournent vers l'agriculture urbaine et périurbaine, en particulier le maraichage qui contribue de plus en plus à l'approvisionnement alimentaire des villes, notamment pour les légumes (Madjouma et *al.*, 2013). Le développement du maraichage qui est une activité contre saison s'est accompagnée d'une utilisation de plus en plus importante de pesticides et autres produits phytosanitaires contre les phytophages, les attaques parasitaires et les maladies fongiques.

Si l'utilisation de ces produits est souvent nécessaire pour que les maraichers atteignent leurs objectifs de production, il demeure important de rappeler que les produits phytosanitaires sont toxiques et leur usage ne saurait être admis ou encouragé qu'à condition de maîtriser parfaitement les modes d'usage ainsi que les risques pour la santé humaine (Deviller et *al.*, 2005). En effet, les pesticides sont utilisés dans les pays en voie de développement en quantités excessives ou inadaptés et la récolte des légumes est faite sans respect des délais de carence. Ils laissent ainsi, inévitablement, des résidus dans les sols, l'eau et les cultures qui pourraient nuire à la santé humaine et à la qualité de l'environnement. 15 à 20% des produits phytosanitaires sont cancérigènes et la plupart d'entre eux sont des perturbateurs endocriniens, c'est-à-dire qu'ils peuvent créer des malformations congénitales chez l'enfant et des stérilités chez l'homme (Scheyer, 2004).

Dans ce contexte, le Burkina Faso a mis en place plusieurs textes législatifs et réglementaires et a ratifié presque l'ensemble des conventions internationales relatives à la gestion des produits chimiques (convention de Stockholm, de Bale, ...). Cependant, l'application de ces textes juridiques rencontre des difficultés dues à l'insuffisance des contrôles à l'importation, le faible niveau d'instruction des maraichers, la faiblesse des capacités d'encadrement par les techniciens du département en charge de l'agriculture et de l'environnement. Ceci a conduit à une utilisation anarchique des produits phytosanitaires comme l'ont prouvé des enquêtes menées dans la zone de Bam-Dem et Sian, Loumbila et dans le bassin versant du Nariarlé (Mbaby, 2013 ; Congo, 2013 ; Ohui, 2014). L'usage des pesticides surtout de façon irrationnelle peut être à l'origine d'effets potentiellement préjudiciables pour la santé humaine et animale et aussi pour l'environnement. Ainsi il est nécessaire de connaître les niveaux d'exposition des populations aux résidus de pesticides à travers la consommation des légumes produits dans la commune de Loumbila pour

mieux orienter la gestion des risques phytosanitaires et définir des priorités d'action. Car selon Margni et *al.* (2002), l'exposition aux pesticides par voie directe (ingestion) était $10^3 - 10^5$ plus importante que l'exposition aux pesticides par les voies respiratoires ou la consommation d'eau.

L'objectif de cette étude est d'évaluer et quantifier les résidus de pesticides dans les produits maraichers à Loumbila et leurs impacts potentiels sur la santé des consommateurs, notamment les maraichers.

Pour ce faire, nous avons

- Caractérisé le régime alimentaire des populations cibles.
- Identifié les aliments et les pesticides cibles.
- Effectué une analyse des résidus de pesticides dans les aliments retenus.
- Evalué des risques pour le consommateur.

Ce travail est divisé en trois grandes parties :

- la première partie porte sur les généralités relatives au maraichage et aux pesticides.
- la deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour l'exécution des travaux sur le terrain et au laboratoire.
- la troisième partie présente les principaux résultats obtenus et leur discussion.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 MARAICHAGE

I.1.1 Définition

Les cultures maraîchères sont des plantes annuelles ou pérennes, arbustives ou herbacées, entretenues dans un espace agricole délimité (généralement) exploité de manière intensive et dont la récolte est vendue en plus ou moins grande quantité tout en fournissant des ingrédients qui participent à la composition des sauces ou des salades (Austier, 1994).

Le terme **maraîchage** est en soit un secteur d'activité caractérisé par la production intensive d'espèces légumières destinée essentiellement à la vente en frais. Il tire son origine du mot marais parce que les premières cultures légumières étaient réalisées en zone de marais, bénéficiant d'un approvisionnement régulier en eau (Kankonde et Tollens, 2001).

Au Burkina Faso, le maraîchage s'est développé au fil des ans. Il se pratique à travers toutes les régions du pays et généralement en milieu rural. Il concerne environ 22 spéculations dont les plus importantes sont la tomate, la salade, l'aubergine locale, le haricot vert, l'oignon. Ces spéculations sont en grande partie destinées au marché local. Une étude menée par Bognini (2006) à Goundi et à Réo au Burkina Faso a révélé que seulement 5% des légumes étaient consommés par les ménages des maraichers.

De nombreux d'acteurs directs sont impliqués dans cette activité et peuvent être répartis entre les maraichers qui assurent la production, et les commerçants dont le rôle est d'écouler la production maraîchère.

I.1.2 Importance socioéconomique

Selon le Recensement Général de l'Agriculture réalisé en 2006, le nombre de producteurs maraîchers a doublé en 5 ans. En effet, il est passé d'un total de 90 395 en 2001-2002 à 200 000 personnes en 2006-2007 ; soit un accroissement de 121% dû en majorité à l'augmentation du nombre de femmes qui se sont investies dans la production maraîchère (Congo, 2013).

La production maraîchère génère annuellement près de 60 milliards de FCFA. A l'exception du haricot vert qui est produit pour l'exportation, toutes les autres spéculations (tomates, choux, oignons, etc.) sont majoritairement produites pour satisfaire la demande intérieure. Depuis plus de cinq (05) ans, des exportations de tomates fraîches se font vers le Ghana, le Togo et le Bénin (Congo, 2013).

Le maraîchage qui est une activité de contre saison permet de combattre l'oisiveté en saison sèche et procure aux paysans des revenus supplémentaires à ceux de l'hivernage en améliorant ainsi leur pouvoir d'achat et leur niveau de vie. Cette activité réduit considérablement l'exode de la jeunesse vers les centres urbains et vers les pays étrangers. Les cultures maraichères occupent une place prépondérante dans la sécurité alimentaire des villes et des campagnes de nos jours. La consommation des produits maraichers par la population satisfait au besoin en vitamine et en sels minéraux (gombo, feuille d'oseille, aubergine, piment, etc.). Dans les campagnes, si la plupart des femmes se contentent des légumes traditionnels, les femmes qui entretiennent des jardins ou les épouses des maraîchers cuisinent de plus en plus avec pour ingrédients des produits maraichers (Congo, 2013).

I.2 PESTICIDES

I.2.1 Définitions

- **Définition de pesticide**

La définition précise et la classification des pesticides sont diverses en fonction des contextes d'utilisation et des réglementations (Afsset, 2010).

Ainsi, selon le code de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006), un pesticide est toute substance ou mélange de substances qui est destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs (y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales) et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits ligneux, ou des aliments pour animaux, ou qui peut être administrée aux animaux pour combattre les insectes, les arachnides et les autres endo- ou ecto parasites. Le terme inclut les substances destinées à être utilisées comme régulateur de croissance des plantes, comme défoliant, comme agent de dessiccation, comme agent d'éclaircissage des fruits ou pour empêcher la chute prématurée de ceux-ci, ainsi que les substances appliquées sur les cultures, avant ou après la récolte, pour protéger les produits contre la détérioration durant l'entreposage et le transport.

Il existe plusieurs appellations en fonction de leur usage. Lorsque les pesticides sont utilisés principalement pour la protection des végétaux, ils sont appelés produits phytopharmaceutiques par la réglementation européenne, ou plus communément produits phytosanitaires par les entreprises industrielles, et d'autres dénommés biocides. Par exemple, un insecticide sera un produit

phytosanitaire s'il est utilisé sur du blé mais un biocide dès lors qu'il est utilisé sur du bois de charpentes (Devilleers et *al.*, 2005).

- **Définition de résidu de pesticides**

Selon la FAO (2000), un résidu de pesticides désigne toute substance présente dans les aliments, les produits agricoles ou les aliments fourragers par suite de l'utilisation d'un pesticide. Ce terme englobe tous les dérivés du pesticide comme les métabolites, les produits de dégradation, les impuretés possédant des propriétés toxicologiques avérées.

I.2.2 Composition

La majorité des pesticides se compose de plusieurs substances chimiques, dont la plupart sont toxiques, même considérés isolément. Un pesticide comprend une ou plusieurs matières actives et des matières additives.

- Matière active (MA)

La matière active (MA) est la substance à laquelle est attribuée en partie ou en totalité, l'activité biologique directe ou indirecte dirigée contre le parasite ou la maladie visée (FAO/OMS, 2002).

La teneur en matière active est exprimée:

- en masse par volume (g/L) ou en pourcentage (%) pour les formulations liquides ;
- et en masse par masse (g/kg) pour les formulations sèches.

La MA du pesticide est connue sous un nom chimique. Les plus connues sont : le malathion, le paraquat, la deltaméthrine, l'endosulfan, le fénitrothion, l'atrazine, le DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane), le dieldrine, le glyphosate, le lindane, etc.

- Matières additives (ILFSD, 2011)

Les matières additives peuvent être du talc sous forme de poudre ou du distillat de pétrole sous forme de concentré émulsionnable. Elles sont généralement inactives sur les organismes cibles.

Elles comprennent :

- un solvant : un produit chimique utilisé pour dissoudre la ou les MA pour les rendre liquides.
- un surfactant : aussi appelé agent actif de surface, humecteur, épandeur et collant. Il réduit la tension de la surface, augmente l'émulsion, la diffusion et les propriétés humectantes des

formulations liquides pour permettre au pesticide de coller aux parasites ou de s'étendre de manière plus uniforme sur les feuilles et les surfaces de la plante.

- un adjuvant : un produit chimique qui réduit le potentiel de nuisance à une récolte par un pesticide. Il est ajouté à un pesticide pour en accroître l'efficacité.
- un vecteur : un solide inerte utilisé pour diluer la MA du pesticide pour en faciliter l'application.
- un coloris et des marqueurs olfactifs : Ils donnent au pesticide une odeur ou un goût désagréable pour réduire les risques d'ingestion du produit par accident. Ils sont également utilisés pour enrober les semences, afin de faire la distinction entre les semences traitées et les non traitées. Les granules sont parfois colorées afin de les rendre visibles sur le sol pour pouvoir mieux contrôler et corriger les taux d'application et de propagation.

I.2.3 Classification

Il existe une très grande diversité de pesticides. Ils divergent selon leurs cibles, leurs modes d'actions ou leur classe chimique.

- selon la cible :

Les pesticides sont généralement classés en différents groupes selon leur cible (Anonyme 1, 2015).

On distingue entre autres :

- les insecticides (produit de lutte contre les insectes) ;
- les herbicides (produits de lutte contre les mauvaises herbes) ;
- les fongicides (produits de lutte contre les champignons) ;
- les autres parmi lesquels on retrouve les rongicides, les nématocides, les molluscicides, les bactéricides, les rodenticides et taupicides, les corvicides, les piscicides et les miticides.

➤ selon la famille chimique

Il existe près de 100 familles chimiques de pesticides. Les plus grandes familles sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthriinoïdes.

- les organochlorés

Les organochlorés sont des insecticides composés d'atomes de carbone, d'hydrogène et de chlore. Ils sont aussi appelés hydrocarbures chlorés, produits organiques chlorés, insecticides chlorés et synthétiques chlorés (Ware et Whitacre, 2004).

Ce sont des composés apolaires donc très peu solubles dans l'eau, fortement solubles dans les lipides et les solvants organiques. Ils sont caractérisés par leur résistance à la dégradation biologique, chimique et photolytique, par leur toxicité et par leur tendance à la bioaccumulation dans la chaîne alimentaire (Coly, 2000). De nombreux pesticides organochlorés font l'objet d'une réglementation dans un certain nombre de pays du monde (FAO/OMS, 2002). Exemple : le Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), l'aldrine, le heptochlore, l'endosulfan, le lindane.

- les organophosphorés

Les organophosphorés sont des composés chimiques similaires aux organochlorés caractérisés par la présence d'un atome de phosphore. Ils constituent la classe des insecticides la plus toxique pour les vertébrés cependant ils sont peu persistants dans l'environnement et se dégradent rapidement en climat tropical. Ce qui justifie leur présence en agriculture comparativement aux organochlorés (Coly, 2000). Ils sont généralement subdivisés en trois (03) groupes suivants les structures : les aliphatiques, les dérivés phénylés et les hétérocycles. Ils sont généralement volatiles et solubles dans les hydrocarbures non aliphatiques et sont susceptibles de s'hydrolyser facilement en milieu alcalin.

Exemple : phosphamidon, profénofos, bromophos, diazinon, parathion, malathion.

- les carbamates

Les carbamates sont des insecticides dérivés de l'acide carbamique, qui agissent en inhibant l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase, inhibition qui peut être réversible dans certains cas. Le carbaryl est le carbamate le plus utilisé en raison de son spectre d'action très étendu pour les contrôles des insectes et en raison de sa faible toxicité chez les mammifères.

Exemple : carbofuran, aldicarbe, carbosulfan, fénoxycarbe.

- les pyréthrinoïdes

Les pyréthrinoïdes sont des insecticides synthétiques. Leur structure est dérivée des pyréthrines, issues des fleurs du pyrèthre. Ils sont stables à la lumière et sont en général efficaces à faible dose sur un large spectre d'insectes (Ware et Whitacre, 2004). Ils présentent de faibles toxicités aiguës chez l'homme mais demeurent écologiquement dangereux, particulièrement pour les abeilles et certains organismes aquatiques (Coly, 2000).

Exemple : le bifenthrine, le lambda cyhalothrine, la cypermethrine, la deltamethrine.

Par ailleurs, il convient de noter que plusieurs familles chimiques peuvent être utilisées pour une même cible, et qu'une même famille chimique peut regrouper des substances dont les cibles, les modes et les mécanismes d'action sont différents : par exemple les carbamates peuvent être des insecticides, des herbicides ou des fongicides alors que les dithiocarbamates sont des fongicides.

➤ La formulation

Elle correspond à l'état physique sous laquelle le produit phytosanitaire est conditionné et mis sur le marché. Elle constitue un produit prêt à l'utilisation. Elle se présente sous plusieurs formes solides ou liquides. Selon Sawadogo (2012), les formulations les plus rencontrées sont les formulations sèches ou solides et les formulations mouillées ou liquides.

Les formulations sèches ou solides sont sous forme de :

- poudres mouillables ou solubles dans l'eau (WP) ;
- granulés à disperser dans l'eau (WG) ;
- granulés et micro granulés (MG) ;
- microcapsules (MC) ;
- poudres.

Les formulations mouillées ou liquides sont sous forme de :

- solutions concentrées solubles (SL) ;
- concentrés émulsionnables (EC) ;
- suspensions liquides concentrées aqueuses et non aqueuses (SC).

I.2.4 Méthodes d'analyse multi résidus dans les différentes matrices.

L'analyse des résidus de pesticides dans les différents milieux est une activité complexe pour trois raisons essentielles :

- il existe une grande variété de matrices sur lesquelles les pesticides sont appliqués (ou sur lesquelles ils sont susceptibles de se retrouver), avec des possibilités d'interférences réelles. Les matrices sont soit des milieux liquides aqueux : eaux, la solution du sol, des effluents urbains, industriels ou agricoles, soit des milieux solides : matériaux terreux secs, divers produits végétaux et déchets déshydratés.
- les limites de détection et de quantification que l'on souhaite atteindre sont de plus en plus basses.
- les pesticides appartiennent à des classes chimiques extrêmement diverses, dont le dosage nécessite l'utilisation de techniques variées.

Selon Mawussi (2008), le schéma général de toute technique d'analyse de résidus de pesticides comprend :

- les opérations de prélèvement de la matrice ;
- l'extraction des substances actives de la matrice par des solvants organiques appropriés ;
- la purification qui permet de séparer les molécules recherchées des impuretés issues de la matrice, susceptibles d'interférer lors du dosage ;
- la quantification par chromatographie en phase gazeuse (CPG) ou chromatographie en phase liquide (CPL) couplée à des détecteurs spécifiques et sensibles, telle que la spectrométrie de masse qui est un mode de détection hautement sélectif.

Ces étapes doivent être menées avec précaution car elles influent sur la fiabilité et l'exactitude des résultats (Namies et Gorecki, 2001).

I.2.3.1 Extraction des pesticides

L'extraction nécessite l'usage d'un solvant approprié (polaire ou apolaire selon la molécule recherchée) et une technique d'extraction adaptée (extraction par solvants organiques, extraction liquide/liquide, extraction super critique, extraction au soxhlet, etc.). La technique d'extraction doit être aussi spécifique que possible pour permettre d'isoler le plus sélectivement possible les pesticides sans altérer leur structure. Les solvants simples comme l'hexane, le dichlorométhane ou des mélanges binaires de solvants non polaires et polaires (par exemple hexane + acétone) sont communément utilisés pour extraire les pesticides organochlorés des échantillons de sol, d'eau, de sédiment, d'aliments végétaux (Hatik et Tekel, 1996 ; Kishimba *et al.*, 2004).

I.2.3.2 Purification des extraits

Les extraits contiennent les pesticides recherchés et d'autres composés qui doivent être éliminés avant l'analyse. L'élimination des interférents, qui est une étape plus ou moins critique selon la nature de l'échantillon et le niveau de concentration recherché, est appelée purification ou simplification de la matrice, lavage de l'échantillon, "clean-up", etc. Les méthodes de purification des extraits les plus répandues sont basées sur l'extraction liquide-solide avec des adsorbants polaires (silice, alumine, silice greffée, florisil). Les interférents sont éliminés par élution de la colonne avec des mélanges de solvants de force éluante croissante (Mawussi, 2008).

I.2.3.3 Identification et le dosage des pesticides

Les extraits une fois purifiés sont le plus souvent analysés par chromatographie pour l'identification des pesticides et la quantification des teneurs.

- Chromatographie en phase gazeuse

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une technique de séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition (Tranchant, 2004; Santos et Galceran, 2002). Depuis son introduction dans les années 1960, la CPG a été très vite adoptée pour l'analyse multi résidus de pesticides grâce aux grande sélectivité et sensibilité pouvant être atteintes. Elle est employée en général pour l'analyse de molécules thermostables, volatiles ou semi-volatiles, non ou moyennement polaires (Santos et Galceran, 2002 ; Lehotay et Hajslova, 2002).

- Chromatographie en phase liquide

La chromatographie en phase liquide (CPL) est une technique de séparation des constituants d'un mélange en solution basée sur le partage des composés entre une phase mobile dans laquelle ils sont solubles et une phase dite fixe ou stationnaire, qui exerce sur eux un effet retardateur (Rosset et *al.*,1991).

- Spectrométrie de masse

Le principe de fonctionnement d'un spectromètre de masse repose sur l'action d'un champ électromagnétique sur une particule chargée, afin de déterminer le rapport masse/charge (Botter et Bouchoux, 1995). Cette technique permet l'identification de molécules d'intérêt par transformation

des molécules en ions. Un spectromètre de masse est composé de différents éléments : la source d'ionisation, l'analyseur, le détecteur et l'enregistreur (EL Mrabet, 2010).

I.3 LEGISLATION ET REGLEMENTATION POUR L'UTILISATION DES PESTICIDES

Les pesticides utilisés pour la protection des cultures laissent inévitablement des résidus dont la présence dans les aliments destinés à la consommation humaine, constitue un facteur de risque sanitaire pour les consommateurs. Ainsi, pour protéger la santé publique et garantir une bonne utilisation des pesticides selon les bonnes pratiques agricoles, les gouvernements dont celui du Burkina Faso ont adopté un ensemble de textes législatifs et réglementaires nationaux et internationaux dans l'optique d'une gestion sécurisante des pesticides.

I.3.1 Normes de Codex Alimentarius

Les normes de la Commission du Codex Alimentarius fixent des seuils de résidus de pesticides (exprimées en mg.kg^{-1}) dans les denrées alimentaires, au-delà desquels les denrées contaminées sont officiellement interdites à la consommation humaine et animale. Il s'agit de limites maximales de résidus de pesticides (LMR) pour les pesticides homologués et de limites maximales de résidus de pesticides d'origine étrangère (LMRE) pour les pesticides non homologués et les pesticides polluants organiques persistants. Les valeurs réglementaires sont définies au niveau international par la FAO et l'OMS (Codex Alimentarius) et au niveau national par certains pays (Mawussi, 2008). Le tableau I présente quelques LMR pour certains pesticides et légumes.

Tableau I: Limites Maximales en Résidus de pesticides en mg/kg (Codex, 2002).

Matières actives	Tomate	Gombo	Oseille	*Aub afr	*Aub eu	Concombre
Acétamipride	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Aldrine	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Atrazine	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Azadirachtine	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Carbofuran	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Chlorpyrifos-ethyl	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
Cyhalothrine	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cyperméthrine alpha	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
Cyperméthrine bêta	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
Dieldrine	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Emamectine Benzoate	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,007
Endosulfan II	0,5	2	2	2	2	0,5
HCH-delta	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Imidaclopride	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	1
Méthoxychlore	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ométhoate	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Penta chlorobenzène	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Profenofos	2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Triazophos	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

*Aub afr : Aubergine africaine.

*Aub Eu : Aubergine Européenne.

I.3.2 Dose Journalière Admissible

La Dose Journalière Admissible (DJA) est la quantité de substance chimique que peut ingérer un homme ou un animal, par jour, au cours de sa vie, sans aucun risque appréciable pour la santé (WHO, 2011). La DJA est fondée sur tous les faits connus au moment de l'évaluation du produit par la réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides. Elle est exprimée en milligrammes par kilogramme de poids corporel.

I.3.3 Législation dans le secteur des pesticides au Burkina Faso

Conformément à la réglementation commune aux états membres du Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) sur l'homologation des pesticides (CILSS, 1999), le Burkina Faso, tout comme les autres pays du CILSS ne doit pas disposer d'une structure autonome d'homologation des pesticides. Les opérations d'homologation sont assurées par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP), secrétariat d'exécution du CILSS. Aucun pesticide ne peut être vendu ni utilisé au Burkina Faso tant qu'il n'est pas autorisé par le CSP (CNCP, 2011). A cet effet, le Burkina Faso a créé en août 2000, une Commission Nationale de Contrôle des Pesticides (CNCP) chargée d'appliquer au niveau national les décisions du CSP à l'issue de ses sessions. Elle est placée sous la tutelle du ministère en charge de l'agriculture. Le CNCP est vraiment devenue fonctionnelle qu'en 2007 avec des activités :

- d'information/sensibilisation des acteurs ;
- d'examen et d'adoption des avant projets de textes réglementaires sur les procédures de contrôle des pesticides ;
- d'élaboration d'un manuel de contrôle et d'inspection des pesticides au Burkina Faso.

Pour ce qui concerne la gestion sécurisée des pesticides, le Gouvernement a promulgué plusieurs lois avec des décrets d'application (CNCP, 2011) entre autres:

- le décret N°2008-679/PRES/PM/MAHRH/MCPEA du 27 octobre 2008 portant conditions de délivrance d'agrément pour le formulateur, le reconditionneur, le vendeur grossiste, le vendeur détaillant et l'apporteur prestataire de service de pesticides (ANNEXE I);
- le décret N°2008-627/PRES/PM/MAHRH/MRA/MCPEA/MEF/MECV du 13 octobre 2008 portant contrôle aux différents stades du cycle de vie, au transit et au reconditionnement des pesticides.

Même si la disponibilité et l'utilisation des pesticides sont encadrées par des réglementations, la question du risque demeure présente.

I.4 IMPACTS LIES A L'UTILISATION DES PESTICIDES

I.4.1 Impacts environnementaux

L'utilisation intensive des pesticides chimiques pollue inévitablement l'environnement (Toé et *al.*, 2004). En effet, lors de la pulvérisation, toutes les particules du pesticide ne sont pas déposées sur la culture. Les pertes peuvent atteindre 10 à 70 % vers le sol et entre 30 à 50 % vers l'air. Les

substances actives peuvent alors être adsorbées par les plantes ou le sol. Aussi l'évaporation des composés peut avoir lieu notamment par pulvérisation. Une fois évaporés, les pesticides peuvent être accumulés dans les nuages, entraînant ainsi la présence de substances actives dans les eaux de pluies. La lixiviation, les pluies polluées et les dérives lors des applications peuvent être responsables de la contamination des milieux aqueux et entraîner une bioaccumulation des pesticides au niveau de la faune aquatiques et donc une propagation au sein de la chaîne alimentaire (Laboratoire National de métrologie et d'Essais, 2008).

Le niveau de contamination de l'environnement par le pesticide va dépendre de sa persistance, c'est-à-dire la durée avant la dégradation du pesticide dans l'environnement. Cette durée est fonction des phénomènes de dégradation du pesticide qui peuvent avoir deux origines: abiotique (sans intervention d'organismes vivants) telle que l'hydrolyse, la photodégradation et les réactions d'oxydoréduction, ou biotique (intervention d'organismes vivants) (Yoann, 2011).

I.4.2 Impacts sanitaires

Les voies de contamination de l'homme par les pesticides sont diverses : consommation d'aliments, d'eau, inhalation ou contact avec la peau. Les effets sur l'homme sont différents en raison du grand nombre de molécules de pesticides. Certains produits présentent une toxicité aigüe importante, d'autres par contre, présentent une toxicité moindre et sont capables de s'accumuler dans l'organisme tout en induisant des effets à long terme. Selon El Mrabet (2010), les effets indirects des pesticides sur les organismes vivants sont plus importants que leur toxicité directe.

Il a été démontré que les résidus de pesticides peuvent entraîner des effets néfastes sur la santé comme des troubles de la reproduction, du développement et du système nerveux (El Mrabet, 2010). Une étude menée par Meyer et *al.* (2003) a révélé que chez les agriculteurs, les cancers de la prostate et de l'estomac étaient plus fréquents. Par ailleurs aux Etats Unis, Margarita et *al.*, (2004), ont mis en évidence la présence de résidus de pesticides dans différentes matrices : urines, sang, tissus adipeux et lait maternel. Par ailleurs, les pesticides et leurs produits de dégradations ont été identifiés comme agents susceptibles de nuire à la fertilité masculine et en particulier via une toxicité testiculaire (Sánchez-Peña et *al.*, 2004).

I.5 TECHNIQUES D'ENQUETE ALIMENTAIRE

Il existe deux grands types de techniques d'enquête alimentaire: les enquêtes prospectives et les enquêtes rétrospectives.

I.5.1 Techniques prospectives

Selon Lesauvage (1997), les techniques prospectives comprennent les techniques par enregistrement et les techniques par duplication.

L'enregistrement de la consommation est fait pendant son déroulement; il peut être réalisé par le sujet lui-même, ou bien par un enquêteur si le sujet est illettré. Ces techniques regroupent:

- la pesée précise: elle comporte la pesée des ingrédients qui entrent dans la composition du plat, la pesée du plat préparé, la pesée de la portion consommée et des restes non consommés.

- la pesée de la seule portion consommée: dans ce cas on pèse la portion du sujet avant consommation, puis les restes; cette technique nécessite l'usage d'un répertoire de recettes, afin de ramener une quantité d'aliments cuits consommés à une quantité équivalente d'aliments crus.

- l'estimation à l'aide de mesures ménagères: dans ce cas la consommation est quantifiée grâce aux mesures ménagères usuelles. Elles comportent les ustensiles et les récipients utilisés pour la préparation et la consommation des plats, le poids standardisé des aliments manufacturés et le poids moyen des aliments périssables. Les mesures ménagères doivent être calibrées précisément.

La technique par duplication consiste à faire réaliser par le sujet ou par un enquêteur un double de la portion consommée; cette technique est souvent couplée à l'analyse chimique, ce qui permet d'obtenir une estimation des apports directement en nutriments, sans utiliser une table de composition des aliments.

L'avantage principal des techniques prospectives est qu'elles sont très précises. De plus, la pesée précise et la technique par duplication ne nécessitent aucune donnée préliminaire sur les recettes et les mesures ménagères.

Cependant, les techniques par pesée et par duplication sont très contraignantes, et coûteuses en personnel (un enquêteur peut suivre la consommation d'une seule famille par jour). Elles peuvent modifier la consommation: c'est ce qu'on appelle l'effet « instrument » (Dop et Coll., 1994). Les sujets sont en effet susceptibles de modifier leur alimentation afin d'atténuer les contraintes liées à l'enquête.

Comme une partie importante de la population africaine est analphabète, l'enregistrement de la consommation ne peut que rarement être fait directement par le consommateur. Etant longues et coûteuses, les techniques prospectives ne permettent pas de multiplier le nombre de passages dans les familles; la pesée précise et la duplication ne fournissent généralement qu'une estimation ponctuelle de la consommation.

I.5.2 Techniques rétrospectives

Il s'agit d'une mesure de la consommation passée par entretien avec une diététicienne ou par questionnaire. Selon Lesauvage (1997), il existe deux types d'enquêtes rétrospectives:

- les enquêtes portant sur la consommation de jours précis : le rappel des 24 heures ou le rappel des 3 jours. Elles nécessitent un catalogue des mesures ménagères pour estimer la taille des portions ou des ingrédients, et un répertoire de recettes afin de traduire la consommation d'aliments cuits en quantité d'ingrédients crus.
- les enquêtes portant sur l'alimentation habituelle : l'histoire diététique et le questionnaire de fréquence.

Ces techniques sont rapides et donc peu coûteuses. Il faut noter que les techniques d'enquête portant sur l'alimentation habituelle (histoire diététique et questionnaire de fréquence) sont peu pertinentes si les sujets sont des enfants en période de sevrage, puisque leur alimentation évolue rapidement. Ces techniques ne permettent pas non plus une quantification précise de l'apport énergétique.

Faisant appel à la mémoire, les techniques rétrospectives peuvent entraîner des oublis, voire des « mensonges » (le sujet peut être tenté de dissimuler la consommation d'aliments ayant une connotation négative). Cependant, quand l'alimentation est monotone (ce qui est le cas à Loumbila, puisque la variété de plats est limitée à une dizaine et que le repas est composé d'un plat unique) le risque d'oubli est moindre; un questionnaire appelant des réponses très détaillées permet de déceler d'éventuelles incohérences, et donc de détecter les mensonges.

Comme la remémoration dépend du temps écoulé entre la consommation et l'entretien, le rappel des 24 heures comporte moins de risques d'oublis que les méthodes qui portent sur un passé plus lointain (exemple : rappel des 3 jours) (Baranowski et Domel, 1994).

Moins précis que les techniques prospectives, le rappel des 24 heures constitue cependant un bon outil pour appréhender les caractéristiques de la consommation d'un groupe (Musse et Méjean, 1991), notamment pour les aliments de complément (Dop et *al.*, 1994).

Enfin, l'utilisation de notions qui sont familières au sujet pour quantifier l'alimentation (les mesures ménagères), entraîne une bonne coopération de sa part; à condition que les outils de quantification soient précis et sans biais, on peut obtenir des estimations valables de la consommation de groupes (Young et Nestle, 1994).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1 ZONE D'ETUDE

Située à 25 km au Nord-Est de Ouagadougou, la commune rurale de Loumbila relève de la province de l'Oubritenga dans la région du plateau central au Burkina Faso. Elle fait partie des sept (07) communes que compte la province. Elle s'étend sur une superficie de 176,99 km² et est limitée

- à l'Est par la commune de Ziniaré ;
- à l'Ouest par la commune de Pabré et l'arrondissement de Nongremasson (province du Kadiogo) ;
- au Nord par la commune de Dapelgo ;
- au Sud par la commune de Saaba.

Plusieurs raisons ont motivé le choix du site de Loumbila, entre autres :

- l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou à partir du barrage de Loumbila, qui peut constituer un risque pour les consommateurs ;
- la pratique intensive de l'activité maraichère ;
- la distance relativement courte pour le transport et la préservation des échantillons.

Selon le RGPH (2006), la commune comptait une population de 27 932 habitants répartis dans 31 villages. C'est une population très jeune avec une forte majorité des femmes qui représentent 52% de la population. La population est en grande partie analphabète.

Sur le plan climatique, la commune de Loumbila est située dans la zone soudano-sahélien, caractérisée par deux saisons bien marquées :

- une saison sèche qui dure environ huit (08) mois (d'octobre à mai), marquée par l'harmattan qui est un vent sec et frais qui souffle de novembre à février avec des températures douces autour de 32°C. Les températures oscillent généralement entre 21°C (minimales) et 45°C (maximales).
- une saison pluvieuse qui s'étale sur environ quatre (04) mois (Juin à septembre) qui est annoncée par la mousson qui est un vent chaud et humide soufflant du Sud-Ouest au Nord-Est.

La commune enregistre une pluviométrie moyenne annuelle de 700 mm.

La figure 1 ci-dessous donne la localisation du plateau central dans la carte du Burkina Faso, celle de Loumbila dans le plateau central et la carte de la commune de Loumbila.

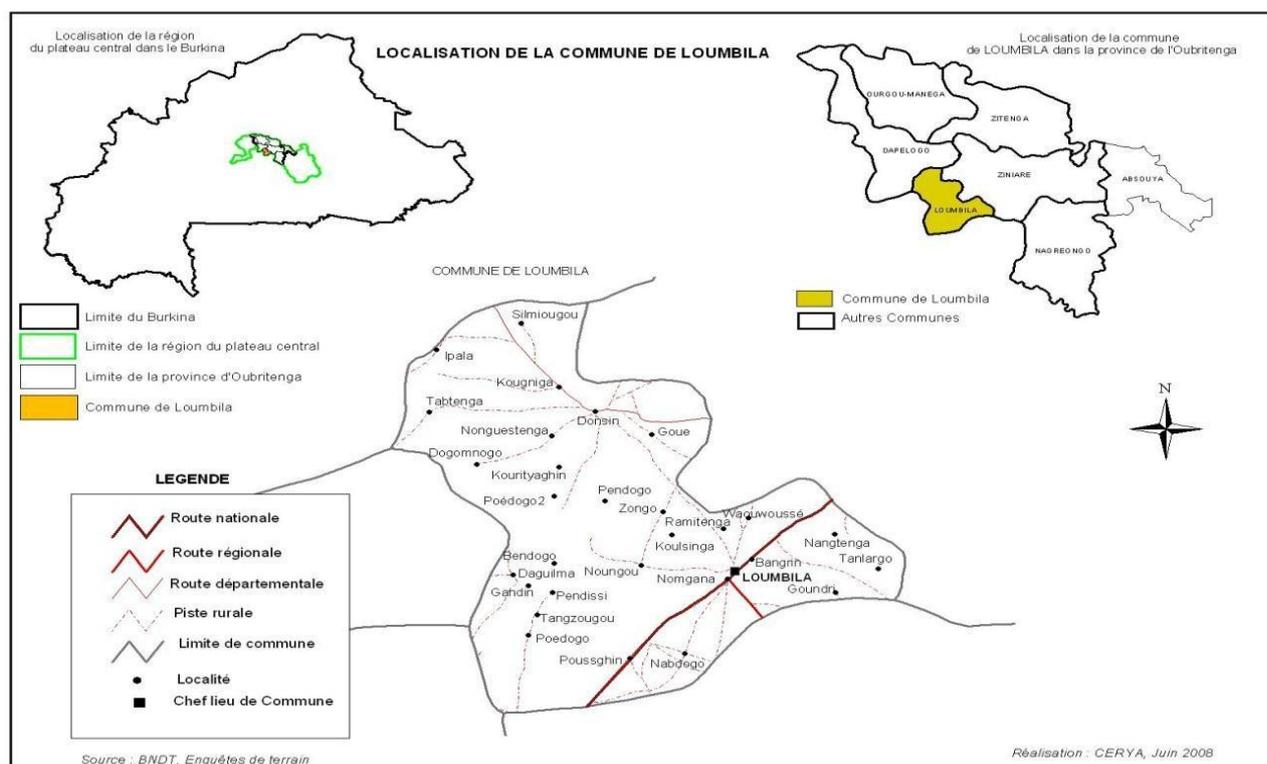


Figure 1: Carte de la commune de Loumbila.

II.2 METHODOLOGIE D'ENQUETE, D'ECHANTILLONNAGE DE LEGUMES ET D'ANALYSE AU LABORATOIRE

L'approche méthodologique adoptée comporte :

- une enquête par questionnaire sur le régime alimentaire des maraîchers
- l'échantillonnage des légumes et leur analyse au laboratoire

II.2.1 Enquête sur le régime alimentaire

Afin d'évaluer le risque d'exposition des maraichers aux pesticides par le biais des aliments ingérés nous devons tenir compte de leurs habitudes alimentaires locales, de la teneur en résidus de pesticides de chacun des aliments vecteurs du risque conjuguées aux données sur la fréquence de la consommation de ces aliments. Ne disposant pas de données officielles sur la consommation quotidienne moyenne d'aliments par personne en milieu rural, une évaluation de la quantité d'aliments consommés par jour par personne a été effectuée sur la base du rappel alimentaire des 24 heures que nous avons mené dans 10 villages de Loumbila : Gandin, Ramitenga, Pendogo, Nagdого, Noomgana, Nounou, Bangrin, Nangtenga, Pousghin et Wavoussé, auprès de 126 maraichers exploitant des parcelles en tant que propriétaires ou employés.

L'enquête s'est déroulée du lundi au dimanche durant 2 semaines calendaires pendant la période d'Avril et Mai 2015, période correspondant à la saison sèche au Burkina Faso.

Un questionnaire (Annexe II) a été élaboré et les questions ont été formulées de manière à ne pas influencer les réponses des personnes concernées. Les enquêtés ont été choisis aléatoirement et les questionnaires ont été remplis séance tenante à la suite d'un entretien au milieu du champ ou à l'intérieur d'un abri installé dans un coin de la parcelle.

Les étapes utilisées dans le cadre du rappel des 24 heures sont :

1. **Liste rapide.** Les répondants dressent la liste de tous les aliments et boissons consommés le jour précédant l'entrevue (de minuit à minuit) à mesure qu'ils s'en rappelaient, pas nécessairement en ordre chronologique.
2. **Liste des aliments oubliés.** Les participants répondent à une série de questions destinées à leur rappeler les aliments couramment oubliés (par exemple : biscuits, boissons alcoolisées ou non alcoolisées).
3. **Heures des repas et types de repas.** Les répondants indiquent l'heure à laquelle ils commencent à manger ou à boire, de même que le type de repas.
4. **Description des aliments.** Les répondants décrivent en détail tous les aliments et boissons consommés: description des aliments, provenance des aliments, méthode de préparation, quantités consommées et endroit où les repas avaient été préparés. Afin de mieux décrire la taille ou la

quantité des aliments consommés, des ustensiles de cuisine renfermant des modèles de verres, de bols et d'autres mesures ont été utilisés (Figure 2). De plus, chaque occasion de consommation ainsi que la période entre deux occasions ont été révisées afin de s'assurer qu'il n'y a pas eu d'oublis.

5. **Révision.** Une révision finale permet aux répondants de s'assurer qu'ils n'ont pas oublié d'indiquer un aliment ou une précision quelconque.



Figure 2: Mesure d'une quantité de riz consommé.

II.2.2 Echantillonnage de légumes

Concernant la nature des spéculations prélevées, le choix a été porté sur les produits maraichers les plus consommés par les ménages. De plus, afin de limiter le nombre d'échantillon en raison des contraintes financières, seuls les produits maraichers de surface ont été analysés. Les tubercules (oignons, carottes), moins sujets aux contaminations par les pesticides n'ont pas été pris en compte. Les prélèvements ont été effectués sur la Tomate (*Lycopersicum esculentum*), le Gombo (*Hibiscus esculentus*), l'Aubergine européenne, l'Aubergine africaine (*Solanum aethiopicum*), des feuilles d'Oseille (*Hibiscus sabdariffa*) et le Concombre (*Cucumis sativus*) dont l'essentiel de la production est destiné à l'approvisionnement des marchés.

De ces cultures maraichères ci-dessus identifiées, quarante-six (46) échantillons au total ont été prélevés au même moment que nos enquêtes alimentaires du rappel des 24 heures (Tableau II).

Tableau II: Récapitulatif des échantillons prélevés.

Spéculations	Tomate	Gombo	Oseille	Aubergine Africaine	Aubergine Européenne	Concombre	TOTAL
Nombre d'échantillons	12	7	4	5	7	11	46

Les parcelles ont été choisies arbitrairement et le plan d'échantillonnage a consisté à délimiter une parcelle et à procéder au prélèvement d'environ 1 kg de chaque spéculations.

Une fiche d'échantillonnage comportant l'ensemble des informations relatives aux conditions de collecte et aux pratiques d'utilisation des pesticides a été jointe à l'échantillon final (Annexe III : Fiche parcelle).

Les échantillons de légumes ont été conditionnés individuellement dans des papiers aluminium et sacs plastiques (Figure 3). Ensuite acheminés au laboratoire de Biologie cellulaire de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) à l'intérieur d'une glacière (4°C). Au laboratoire, ils ont été conservés au congélateur (-20°C) pour une durée de 24 heures avant d'être analysés.



Figure 3: Echantillons de concombres et de tomates.

II.2.3 Méthodes d'extraction et d'analyse multi-résidus dans les aliments

Les échantillons de légumes prélevés ont été découpés (sauf les feuilles d'oseille), ensuite broyés à l'aide d'un mixeur pour obtenir une solution homogène de l'échantillon. L'extraction des pesticides dans les différents échantillons de légumes a été réalisée à l'aide de la méthode d'extraction QuEChERS modifiée. Après homogénéisation, 10 g de broyat de chaque échantillon ont été introduits dans un tube à centrifuger de 50mL dans lequel des solvants (acétonitrile contenant 1% d'acide acétique) sont ajoutés. Le tube est agité au vortex pendant une minute. Ensuite, un mélange de sulfate de magnésium ($MgSO_4$) et de chlorure de sodium ($NaCl$) est ajouté pour permettre une bonne séparation des phases aqueuses et organiques et le tube est à nouveau agité pendant une minute au vortex puis dans un bain à ultrasons de marque Bansonnic 3510. Après séparation par centrifugation, le surnageant est purifié à l'aide d'une phase de la marque Supel-Que (Figure 4). Après concentration au rotavap, l'échantillon est séparé et reconstitué dans les solvants adaptés à l'analyse en GC-MS et LC-MS. Les analyses ont lieu au laboratoire de physico-chimie du 2iE et en Suisse au laboratoire GR-CEL (Central Environmental Laboratory).

Pour des soucis de confidentialité, le protocole expérimental n'est pas décrit ici en détails car il fait actuellement l'objet d'articles en cours de publication.

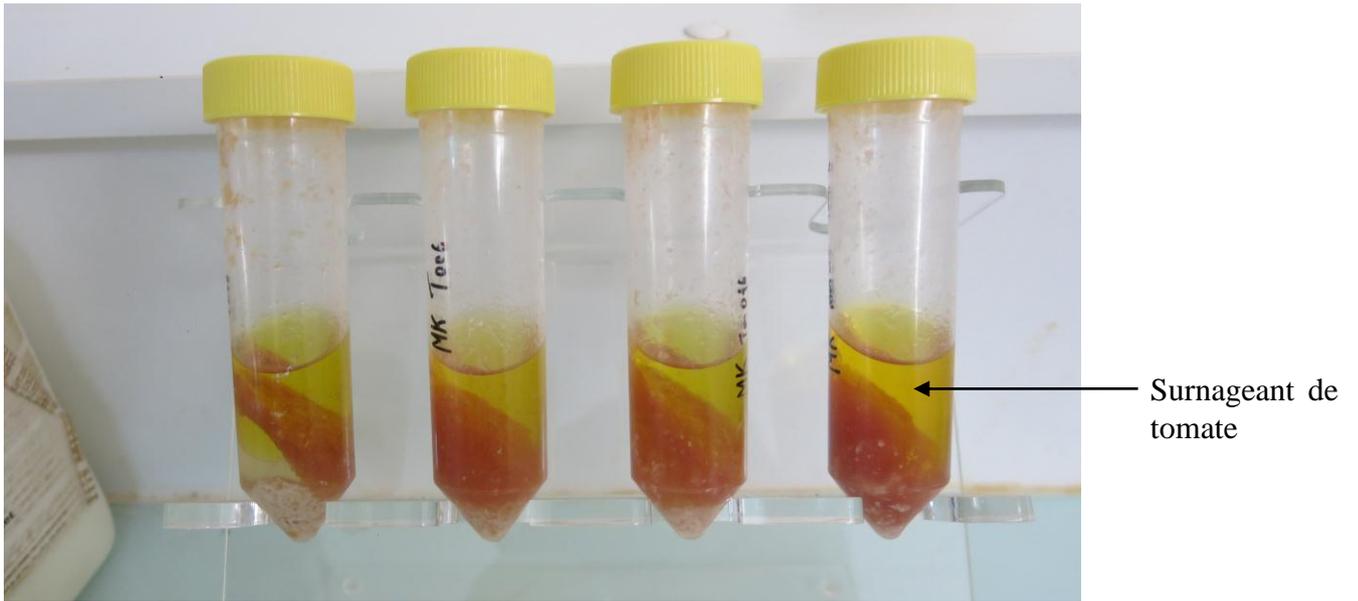


Figure 4: Extraits de surnageant dans les tubes Supel-Que Z-Sep/C18.

II.2.4 Evaluation de la dose de pesticide ingérée.

Généralement, l'ingestion de résidus de pesticides par jour et par personne est calculée en prenant en compte des facteurs de correction (lavage, épluchage, cuisson, etc.) qui affectent le niveau de résidus de pesticides dans les aliments de table (WHO, 1997). En absence de ces facteurs de correction au niveau local, l'ingestion quotidienne de résidus de pesticides a été évaluée sur la base de la consommation moyenne de chacun des aliments étudiés (ANNEXE IV : recette).

L'ingestion journalière estimée de résidu de pesticides EDI (Estimated Daily Intake) ou DJA (Dose Journalière Admissible) a été calculée pour chacun des pesticides suivis de la manière suivante:

$$\text{DJA aliment (mg/kg de poids corporel/jour)} = \text{NR} \times \text{QAI}$$

Avec NR = Niveau de Résidus de pesticides dans l'aliment ingéré (mg/kg)

QAI = Quantité d'Aliments Ingérée (kg/kg de poids corporel/jour)

$$\text{DJA eau (mg/kg de poids corporel/jour)} = \text{NR} \times \text{VEI}$$

Avec NR = Niveau de Résidus de pesticides dans l'aliment ingéré (mg/kg)

VEI = Volume d'Eau Ingérée (kg/kg de poids corporel/jour)

$$\text{DJA Total (mg/kg de poids corporel/jour)} = \text{DJA (aliment)} + \text{DJA eau de boisson}$$

Enfin, pour chaque pesticide, le pourcentage total d'ingestion journalière estimée de résidu a été calculé pour l'ensemble des aliments de base étudiés.

II.2.5 Analyse statistique des données.

Les enquêtes de terrain ont permis de recenser les substances utilisées sur le site ainsi que l'identification des formulations les plus utilisées. Et les résultats obtenus ont été dépouillés et traités à l'aide de l'outil Excel.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 CARACTERISATION DU REGIME ALIMENTAIRE DES MARAICHERS.

Sur un échantillon de 126 maraîchers enquêtés, repartis en fonction du sexe (Tableau III), dont la tranche d'âge comprise entre 14 et 60 ans, nous avons 85 % d'entre eux qui mangent 3 fois par jour : le matin, le midi et le soir. Et les 15 % représentent ceux qui mangent 2 fois par jour (le matin et le soir).

Tableau III: Répartition des maraîchers enquêtés.

	Hommes	Femmes	Total
Effectif	54	72	126

Pour ceux qui prennent 3 repas par jour, généralement, le repas du matin est constitué de thé, de bouillie ou de restants des plats de la veille. La plupart des repas consommés sont bouillis. Ils proviennent des ménages des maraîchers ou hors ménage (restaurants, maquis, vendeurs ambulants, etc.). Les maraîchers qui mangent des plats faits maison représentent 66 % contre 34 % pour ceux qui préfèrent acheter la nourriture dans des restaurants, maquis, etc...

Le régime alimentaire des maraîchers est monotone. En effet, les principaux aliments consommés sont les céréales et leurs accompagnements. Les céréales les plus consommées sont le riz, le mil et le maïs. Le mil et le maïs sont généralement utilisés pour la préparation de la pâte appelée couramment « tô ». Le tô est le plus souvent accompagné d'une sauce de légume, comme le gombo, de légumes-feuilles tels que l'oseille (Figure 5).



Figure 5: Plat de Tô avec une sauce de feuille d'oseille.

Quant au riz, il est accompagné d'une sauce à base de matière grasse, « riz gras » ou à base de tomate ou de pâte d'arachide ou d'aubergines. Les résultats de cette enquête sont en accord avec ceux de Danel (2005) qui a montré que les plats les plus répandus dans le régime sont le riz et le tô. Et que le tô est principalement servi avec les sauces feuilles, gombo et kapok, alors que le riz se prépare plutôt avec les sauces arachide, au gras ou claire (aubergine, tomate).

En général, ces sauces sont préparées à partir des légumes provenant des champs des maraîchers eux-mêmes ou des parcelles de leurs frères ou sœurs maraîchers. Ceux qui utilisent des produits de leurs parcelles représentent 45 %. Certains ingrédients composant les sauces tels que le sel, l'huile et les cubes d'assaisonnement proviennent des marchés (ANNEXE IV : Recette des plats).

Cette enquête a permis de savoir que les maraîchers ont une préférence pour les légumes-feuilles (oseille), le gombo, la tomate, les aubergines et le plus souvent le concombre.

C'est sur cette base que nous nous sommes intéressés à l'analyse de résidus de pesticides dans les tomates, gombos, aubergines, concombres et des feuilles d'oseille.

III.2 RESULTATS D'ANALYSES DES ECHANTILLONS DE LEGUMES

- **Pesticides recensés.**

Le tableau IV ci-dessous présente les pesticides utilisés par les maraîchers enquêtés lors de l'échantillonnage des légumes. Dans l'ensemble, dix-neuf (19) pesticides ont été utilisés dans le cadre du traitement des 46 échantillons de légume.

Tableau IV: Liste des pesticides recensés sur le site d'étude.

	Nom commercial	Molécules actives	Catégorie des produits	Aspect	Application	Classification OMS	Homologation
1	CONQUEST C 88 EC	Acétamipride (8g/L) Cyperméthrine (80g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	II	OUI
2	PERFECTO 175 SC	Lambda-cyhalothrine 5 % Imidaclopride 95 %	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
3	AVAUNT 150 SC	Indoxacarb	Insecticide	Liquide	Cotonnier	III	OUI
4	POLYTRINE C 336 EC	Profenofos (300g/L) Cyperméthrine (72g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
5	CAIMAN B19	Emamectine Benzoate (19,2g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	II	OUI
6	ATTACK EC	Emamectine Benzoate (5g/L)	Insecticide	Liquide	Maraîchage	-	NON
7	ERA FTE+ 324 EC	Profenofos (300/L) Deltamethrine (24g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
8	ATTAKAN C 344 SE	Imidaclopride (200 g/L) Cyperméthrine (144 g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
9	DURSBAN B 168 EC	Cyfluthrine (18g/L) Chlorpyrifos-ethyl (150g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	II	NON
10	ALLIGATOR 400 EC	Pendimethaline (400g/L)	Herbicide	Liquide	Maraîchage	III	NON
11	HITCEL 440 EC	Profenofos (400g/L) Cyperméthrine (40g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
12	LAMBDA SUPER 2.5 EC	Lambda-cyhalothrine (25g/L)	Insecticide	Liquide	Maraîchage	II	NON
13	SUNPYRIFOS 48% EC	Chlorpyrifos-ethyl (480g/L)	Insecticide	Liquide	Maraîchage	III	OUI
14	THE POWER	Cyperméthrine	Insecticide	Poudre	Maraîchage	-	NON
15	SAVAHALER	Méthomyl (250g/kg)	Insecticide	Poudre	Maraîchage	II	OUI
16	CIGOGNE P 186 EC	Cyperméthrine (36g/L) Profenofos (150g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
17	MANCOZAN 80 WP	Mancozebe (800g/kg)	Fongicide	Poudre	Maraîchage	-	NON
18	IBIS A 52 EC	Alpha cyperméthrine (36g/L) Acétamipride (16g/L)	Insecticide	Liquide	Cotonnier	-	NON
19	ATTACK 5% WDG	Emamectine Benzoate (5g/L)	Insecticide	Poudre	Maraîchage	-	NON

Parmi ces dix-neuf (19) pesticides utilisés, seuls 26,31 % sont homologués par le CSP (ANNEXE V). Une large gamme de pesticides non homologués représentant 73,68 % est également utilisée dans le maraîchage. Les pesticides non homologués sont en principe interdits d'utilisation. Leur présence constitue d'énormes risques sanitaires pour la population. La facilité d'accès aux pesticides, parfois même aux pesticides prohibés est due non seulement à la multiplicité des points de vente de produits phytosanitaires, mais aussi et surtout au manque de contrôle sur l'usage et la commercialisation de ces substances (Ibrahima et *al.*, 2003).

Les pesticides recensés qui ont fait l'objet de classification selon l'échelle de toxicité de l'OMS, appartiennent généralement à la classe II et III. La classe II représentant 26,31 %, correspond aux pesticides modérément dangereux, ce qui implique que ces pesticides doivent être manipulés par des personnes instruites et formées. Or notre population d'étude, caractérisée par un faible niveau d'instruction et un manque de formation sur l'utilisation des pesticides ne devrait en principe pas utiliser ces pesticides. La classe III représentant 15,79 %, quant à elle, correspond aux pesticides peu dangereux, pouvant être utilisés par les maraîchers. Environ 57,89 % des pesticides recensés sont destinés au traitement des cotonniers, cependant les maraîchers les utilisent pour le traitement des cultures maraîchères. Les maraîchers expliquent cela par le fait que les pesticides destinés au maraîchage pris individuellement sont moins dosés et efficaces pour lutter contre les ravageurs de leurs cultures. De ce fait, ils procèdent à des mélanges de pesticides dont ils ne maîtrisent ni le dosage, ni la rémanence ou font recours aux pesticides destinés aux cotonniers. Ainsi, un maraîcher peut utiliser en moyenne 3 types de pesticides pour le traitement d'une culture (Figure 6).



Figure 6: Pesticides utilisés pour le traitement d'une parcelle d'aubergine.

Selon les cibles visées, les maraîchers utilisent des pesticides diversifiés. Il y a une dominance des insecticides avec un pourcentage de 89,48 %, suivi des herbicides (5,26 %) et des fongicides (5,26 %).

Différents types de formulations sont utilisées dans la zone d'étude. Les concentrés émulsifiants (EC), (SC) et (SE), avec 79 %, sont les plus dominants, car plus pratiques à utiliser. Ils sont suivis des poudres mouillables (WP) et granulés (WDG) avec 21 % (Figure 7).

Les pesticides les plus utilisés par les maraîchers sont : Caïman B19, Lambda Super 2.5 EC, Attakan C 344 SE et Conquest C 88 EC qui sont tous de la classe II donc modérément dangereux.

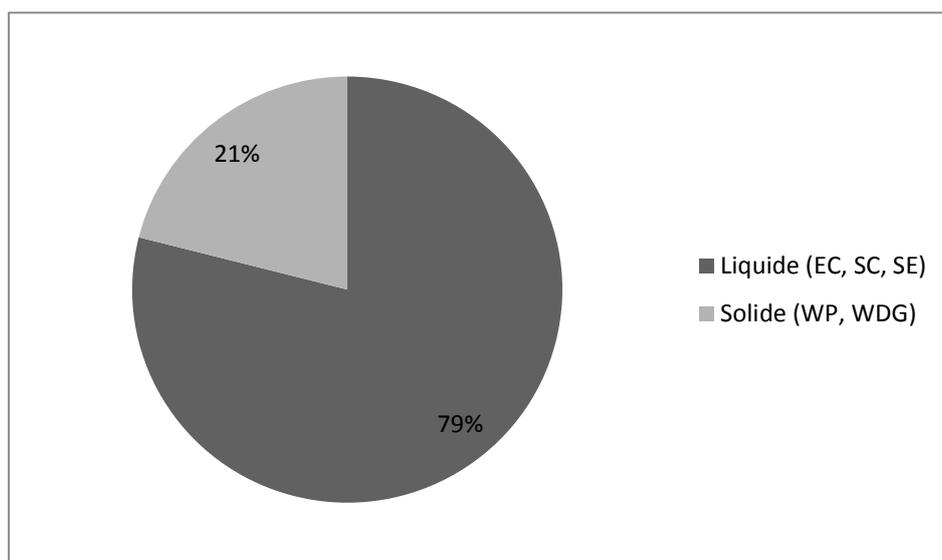


Figure 7: Classification des pesticides recensés auprès des maraîchers selon leur formulation.

- **Comparaison des matières actives retrouvées dans les analyses aux matières actives identifiées lors des enquêtes.**

Le tableau V nous présente les différentes substances actives mises en évidence par les enquêtes et les analyses des légumes prélevés. Les résultats de l'enquête ont montré la présence de 14 substances actives pour l'utilisation des 19 pesticides cités dans le tableau IV. Cependant, l'analyse des prélèvements d'échantillons de légumes effectuée a révélé la présence de 19 substances actives. L'acétamipride, le profenofos, l'imidaclopride, l'emamectine benzoate, l'alpha cyperméthrine et le chlorpyrifos-ethyl sont les seules matières actives communes aux résultats de l'enquête d'avec ceux des analyses d'échantillons (Tableau V). La présence de substances actives dans les échantillons autre que celles de l'enquête révèle que d'autres pesticides non énumérés par les maraîchers ont été utilisés. Aussi, cette présence d'autres matières actives peut être due à une contamination indirecte des cultures. En effet, lors du traitement d'une parcelle, sous l'action du vent, une quantité des

pesticides peut se retrouver sur les parcelles voisines. Car il y a souvent moins d'un mètre qui sépare les différentes parcelles. Une étude réalisée par Chance (1998), a également montré l'action du vent sur le transport des pesticides sous forme de particules, de vapeur ou de gouttelettes. Ce qui fait qu'ils peuvent être transportés à grande distance de leur source d'origine et par la suite, ils peuvent être absorbés par la végétation et se retrouver dans la chaîne alimentaire, où ils se concentrent dans les graisses animales (Beaufrand et *al.*, 1978). Il s'agit entre autres du carbofuran, de l'ométhoate, de l'endosulfan et de l'atrazine.

Tableau V: Substances actives des enquêtes et des analyses.

	Enquêtes		Analyses	
	Substances actives	Substances actives	Familles chimiques	Méthode d'analyse
1	Acétamipride	Acétamipride	Néonicotinoïde	LC-MS
2	Indoxacarb	Aldrine	Organochloré	GC-MS
3	Lambda-cyhalothrine	Atrazine	Triazine	LC-MS
4	Pendimethaline	Azadirachtine	Limonoïde	LC-MS
5	Cyfluthrine	Carbofuran	Carbamate	LC-MS
6	Chlorpyrifos-ethyl	Chlorpyrifos-ethyl	Organophosphate	LC-MS
7	Deltamethrine	Cyhalothrine	Pyréthroïdes	GC-MS
8	Alpha cyperméthrine	Cyperméthrine alpha	Pyréthroïdes	GC-MS
9	Cyperméthrine	Cyperméthrine bêta	Pyréthroïdes	GC-MS
10	Emamectine Benzoate	Emamectine Benzoate	Avermectine	LC-MS
11	Méthomyl	Endosulfan II	Organochloré	GC-MS
12	Mancozebe	HCH-delta	Organochloré	GC-MS
13	Imidaclopride	Imidaclopride	Néonicotinoïde	LC-MS
14	Profenofos	Profenofos	Organophosphate	GC-MS
15		Méthoxychlore	Pyréthroïde	GC-MS
16		Ométhoate	Organophosphate	LC-MS
17		Penta chlorobenzène	Organochloré	GC-MS
18		Triazophos	Organophosphate	LC-MS
19		Dieldrine	Organochloré	GC-MS

- **Résidus de pesticides dans les échantillons.**

Les analyses au laboratoire ont permis de détecter 19 substances actives et métabolites dans les échantillons. Les teneurs des matières actives présentes dans les échantillons varient de 0 à 8,31 mg/kg (Tableau VI). La comparaison des teneurs des matières actives aux différentes LMR correspondantes (Tableau I), met en évidence la présence de résidus de pesticides dans tous les 46 échantillons soit (100 %). Ce n'est que dans 5 échantillons représentant 10,9 % du total des échantillons analysés qu'il y a eu plus de résidus que ce qui est légalement autorisé par le Codex Alimentarius (Tableau VII). Ce dépassement concerne respectivement 8,3 %, 28,6 % et 50 % des échantillons de tomate, de gombo et d'oseille.

Tableau VI: Intervalles de variation des résultats des analyses GC et LC des échantillons de légumes.

Matières actives	Tomate (mg/kg)	Gombo (mg/kg)	Oseille (mg/kg)	Aub. afr (mg/kg)	Aub. Eu (mg/kg)	Concombre (mg/kg)
Acétamipride	0 - 0,0047	0 - 0,0292	4,583E-05 - 0,035	4,31E-05 - 0,0003	0 - 0,0007	1,60E-06 - 0,00074
Aldrine	0 - 0,0008	0	0	0	0,05	0
Atrazine	0 - 1,81E-05	0 - 1,259E-05	0 - 4,069E-05	0	0 - 7,637E-06	0 - 2,078E-05
Azadirachtine	0 - 0,0109	0	0	0	0	0
Carbofuran	0 - 0,0002	0	0	0 - 0,0008	0 - 0,00013	0 - 0,00034
Chlorpyrifos-ethyl	0 - 0,2055	0 - 0,0017	0 - 0,3382	0 - 0,00045	0 - 0,0207	0 - 0,0002
Cyhalothrine	0 - 0,0348	0 - 0,2428	0 - 0,0398	0 - 0,0065	0 - 0,0087	0 - 0,003
Cyperméthrine alpha	0 - 0,0076	0 - 0,0191	0,0018 - 0,0237	0 - 0,0001	0 - 0,0004	0 - 0,0009
Cyperméthrine bêta	0 - 0,0041	0 - 0,018	0,0030 - 0,0441	0 - 0,0003	0 - 0,0009	0
Dieldrine	0	0	0 - 0,0002	0 - 0,0002	0 - 0,0017	0 - 0,0019
Emamectine Benzoate	0 - 8,487E-05	0 - 0,0013	0 - 0,0007	0 - 0,0018	0 - 0,0003	0
Endosulfan II	0 - 0,00081	0 - 0,0001	0 - 0,0002	4,4408E-05 - 0,0211	0	0 - 0,0008
HCH-delta	0	0	0,01	0	0 - 0,0005	0
Imidaclopride	0 - 0,0123	0,0001 - 0,0188	0 - 0,0155	0	3,145E-05 - 0,0029	0 - 0,0001
Méthoxychlore	0 - 8,980E-05	0	0	0	0	0
Ométhoate	0	0	0 - 0,0013	0	0	0
Penta chlorobenzène	0	0	0	0	0	0 - 2,456E-06
Profenofos	0 - 0,0148	0 - 0,0386	0,0004 - 8,3083	0 - 0,0443	0 - 0,0231	0
Triazophos	0 - 9,165E-05	0	0 - 0,0001	0	0	0

Tableau VII: Présence de résidus dans les échantillons.

Spécifications	Nombre d'échantillons	Sans résidus	Avec résidus	
			Conformes à la LMR	Non Conformes à la LMR
Tomate	12	0 (0%)	11 (91,7%)	1 (8,3%)
Gombo	7	0 (0%)	5 (71,4%)	2 (28,6%)
Oseille	4	0 (0%)	2 (50%)	2 (50%)
Aubergine africaine	5	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)
Aubergine européenne	7	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)
Concombre	11	0 (0%)	11 (100%)	0 (0%)
Total	46	0 (0%)	41 (89,1%)	5 (10,9%)

Les teneurs en résidus de pesticides dans les échantillons sont largement inférieures à la LMR. Exception faite pour l'azadirachtine présente dans un échantillon de tomate avec une teneur de 0,0109 mg/kg (LMR = 0,1 mg/kg) ; De même pour la cyhalothrine présente dans 2 échantillons de gombo où les teneurs sont 0,24288 mg/kg et 0,02445 mg/kg alors que sa LMR est 0,02 mg/kg ; le Chlorpyrifos-ethyl dans un échantillon d'oseille (0,33 mg/kg) pour une LMR égale à 0,1 mg/kg et le profenofos dans un autre échantillon d'oseille (8,30 mg/kg) qui dépassent la norme en vigueur qui est de 0,05 mg/kg.

Cette non-conformité est due à une fréquence d'application des pesticides de 3 fois par semaine sur une petite parcelle de culture selon les résultats de nos enquêtes. Parfois pour mesurer les quantités de pesticide à appliquer, les maraîchers utilisent les capuchons des flacons ou les flacons. La majorité d'entre eux ont déclaré moduler les quantités à appliquer en fonction des pesticides.

Selon un rapport publié par l'European Food Safety Authority (EFSA) en 2011, la non-conformité suggère que dans un certain nombre de cas, une dose de produit phytopharmaceutique plus élevée que la dose prescrite a été utilisée. Certaines pratiques, telles que le non-respect des dosages recommandés et des délais avant récolte, constituent également des facteurs de risque pour le consommateur. Ce non-respect a été également rapporté par Wade (2003) chez les producteurs de Niayes au Sénégal. Les travaux d'Assogba-Komlan *et al.* (2007), qui ont décelé des teneurs de résidus de pesticides dépassant les normes admises pour les organochlorés (DDT, endrine, heptachlore) dans les légumes, dans l'Ouémé au Sud-Bénin, confirment ces constats. Les résultats

de analyses confirment également ceux des études réalisées au Nigeria (Adeyeye et Osibanjo, 1999), au Ghana (Ntow, 2001), au Sénégal et en Gambie (Manirakiza et *al.*, 2003) qui ont révélé des contaminations de tubercules, fruits et légumes par divers résidus de pesticides.

- **Contamination en pesticides en fonction des spéculations**

L'exploitation des données des analyses a fourni les résultats des niveaux de concentration moyenne en résidus de pesticides des différents légumes représentés sur la figure 8.

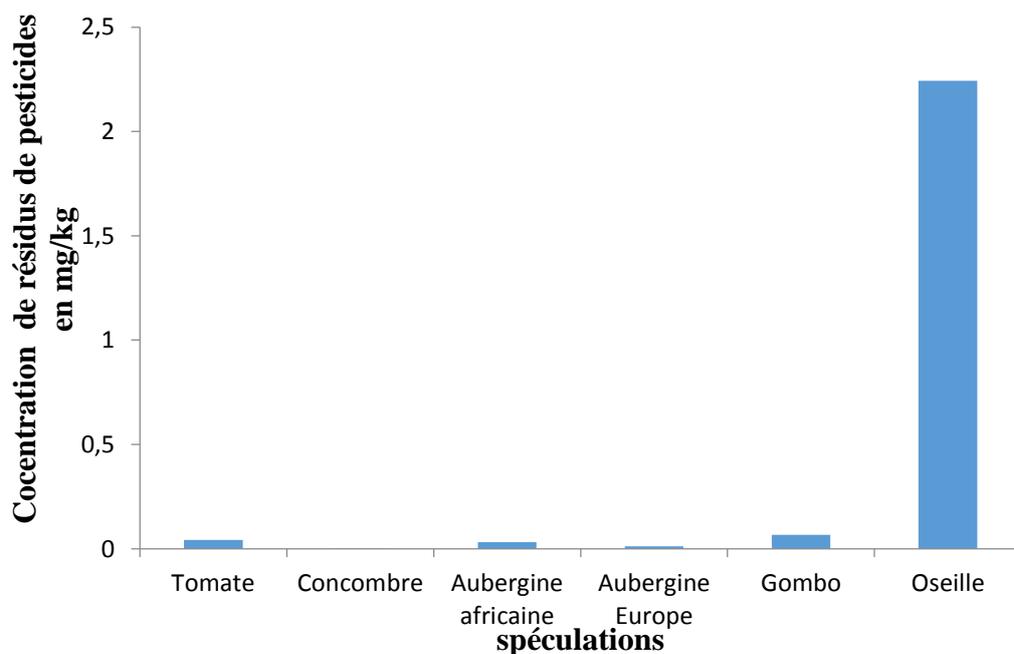


Figure 8: Concentrations en pesticides des différentes spéculations.

Nous remarquons un niveau de contamination beaucoup plus élevé pour l'oseille par rapport à la tomate, au concombre, à l'aubergine africaine, à l'aubergine européenne et au gombo. Ces cinq dernières spéculations présentent, quant à elles, des niveaux de concentration totale moyenne presque similaires. Ces résultats s'expliquent par le fait que l'oseille est très sensible aux attaques de plusieurs insectes et pathogènes. A cet effet, plusieurs pesticides, donc différentes matières actives sont utilisées seules ou en mélange pour contrôler les ravageurs de l'oseille. Egalement, la psychose d'une mauvaise récolte eu égard à la non utilisation des pesticides pousse plusieurs producteurs à traiter les cultures par anticipation, pensant sécuriser leur investissement. Cet usage abusif et incontrôlé des pesticides peut avoir des incidences sur la qualité des produits maraichers et sur l'environnement (Cissé et *al.*, 2008).

- **Contamination des légumes par matière active présente**

La qualité des échantillons a été examinée au regard de la nature des résidus trouvés et des seuils admissibles par le Codex alimentarius en matière de résidus de pesticides dans les aliments (Tableau VIII).

Tableau VIII: Contamination des échantillons par matière active.

Matières actives	Tomate	Gombo	Oseille	Aub afr	Aub Eu	Concombre	Total
Acétamipride	9	1	4	5	6	11	36
Aldrine	1	0	0	0	0	0	1
Atrazine	9	1	1	0	1	2	14
Azadirachtine	1	0	0	0	0	0	1
Carbofuran	1	0	0	2	1	2	6
Chlorpyrifos-ethyl	9	1	2	2	2	2	18
Cyhalothrine	5	3	2	2	3	4	19
Cyperméthrine alpha	9	3	4	2	1	4	23
Cyperméthrine bêta	9	3	4	2	1	0	19
Dieldrine	0	0	1	2	1	1	5
Emamectine Benzoate	3	3	3	3	2	0	14
Endosulfan II	3	5	2	0	0	9	19
HCH-delta	0	0	0	0	1	0	1
Imidaclopride	12	7	3	5	7	8	42
Méthoxychlore	1	7	0	0	0	0	8
Ométhoate	0	0	2	0	0	0	2
Penta chlorobenzène	0	0	0	0	0	1	1
Profenofos	8	1	4	4	4	0	21
Triazophos	1	0	2	0	0	0	3

Les différentes spéculations analysées contenaient chacune au moins l'imidaclopride, l'acétamipride, le Chlorpyrifos-ethyl et la cyperméthrine alpha.

L'acétamipride et l'imidaclopride sont les matières actives les plus présentes dans les échantillons étudiés. L'acétamipride est présent dans 36 échantillons sur 46 et l'imidaclopride dans 42

échantillons sur 46. Ces deux insecticides néonicotinoïdes (l'acétamipride et l'imidaclopride) peuvent avoir une incidence sur le développement du système nerveux humain, a déclaré l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, 2011). Le groupe scientifique de l'EFSA sur les produits phytopharmaceutiques et leurs résidus (groupe PPR) a constaté que l'acétamipride et l'imidaclopride peuvent affecter de façon défavorable le développement des neurones et des structures cérébrales associées à des fonctions telles que l'apprentissage et la mémoire. Il a conclu que certains des niveaux actuels recommandés d'exposition acceptable à l'acétamipride et à l'imidaclopride pourraient ne pas constituer une protection suffisante pour éviter toute neurotoxicité développementale et qu'ils devraient être réduits (EFSA, 2011).

La concentration des résidus de pesticides détectés dans l'ensemble des échantillons, même inférieure à la LMR établie par le Codex Alimentarius doit nous interpeller. En effet, la présence de résidus de pesticides dans la chaîne trophique est inquiétante pour la santé humaine. Leur consommation ne présente pas à première vue de risques majeurs de santé. Selon les experts, si les LMR sont respectées, il n'y a potentiellement pas de risque de dépassement de la DJA.

III.3 QUANTITE DE RESIDUS DE PESTICIDES ESTIMEE INGERABLE PAR JOUR PAR PERSONNE.

L'exposition aux pesticides par voie alimentaire peut causer à la fois des problèmes de santé sur le court terme (aiguë) ou le long terme (chronique) chez l'animal et l'Homme (Menegaux et *al.*, 2006). Des études ont montré de fortes associations entre les pesticides chimiques et les problèmes de santé, en incluant les problèmes de fertilité, les malformations congénitales, les défauts de naissance, les tumeurs cérébrales, les cancers du sein, de la prostate et les leucémies de l'enfant (Velez et *al.*, 2001 ; Oliva et *al.*, 2001).

D'après les données de nos enquêtes, nous avons estimé la quantité moyenne de tomate, d'aubergine africaine, d'aubergine européenne, de gombo, d'oseille et de concombre consommée par jour et pour un poids moyen de maraicher (50 kg). Les résultats sont consignés dans le tableau IX.

Tableau IX: Quantité d'aliments consommée par jour.

	Tomate	Aub afr	Aub eu	Gombo	Oseille	Concombre	Consommation journalière Eau
Quantité	170 g	50 g	200 g	170 g	170 g	150 g	4 L

Apports quotidiens en résidus de pesticide pour chaque aliment

Les apports quotidiens en résidus de pesticides par aliment (tomate, aubergine africaine, aubergine européenne, gombo, oseille, concombre et l'eau) sont présentés par le Tableau X.

Exemple de calcul : Acétamipride dans la tomate.

D'abord, la concentration moyenne de l'acétamipride dans les 12 échantillons de tomate a été calculée. Elle est égale à

$$NR_{\text{Acétamipride-Tomate}} = (0,00472154 + 3,25^{E-05} + 1,08^{E-05} + 0,00016409 + 0,00016409 + 1,01^{E-05} + 1,0177^{E-05} + 6,08^{E-06} + 8,00^{E-06} + 0,00041174)/12 = \mathbf{0,00044792 \text{ mg/kg.}}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{DJA}_{\text{Acétam-Tomate}} &= 0,00044792 \text{ mg/kg} \times (0,17\text{kg} / 50\text{kg}) \\ &= 1,52^{E-06} \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Tableau X: Apports quotidiens en résidus de pesticides par chaque aliment en mg/kg poids corporel/jour.

Matières actives	DJA Tomate (mg/kg)	DJA Gombo (mg/kg)	DJA Oseille (mg/kg)	DJA Aub afr (mg/kg)	DJA Aub eu (mg/kg)	DJA Concombre (mg/kg)	DJA Eau (ml/kg)
Acétamipride	1,52 ^{E-06}	1,65 ^{E-05}	5,75 ^{E-05}	1,35 ^{E-07}	1,12 ^{E-06}	8,41 ^{E-07}	-
Aldrine	2,39 ^{E-07}	-	-	-	-	-	-
Atrazine	3,74 ^{E-08}	6,12 ^{E-09}	3,46 ^{E-08}	-	4,36 ^{E-09}	1,01 ^{E-08}	-
Azadirachtine	3,10 ^{E-06}	-	-	-	-	-	-
Carbofuran	5,99 ^{E-08}	-	-	1,98 ^{E-07}	7,50 ^{E-08}	1,19 ^{E-07}	-
Chlorpyrifos-ethyl	8,61 ^{E-05}	8,68 ^{E-07}	2,92 ^{E-04}	1,60 ^{E-07}	1,86 ^{E-05}	6,23 ^{E-08}	5,12 ^{E-07}
Cyhalothrine	1,62 ^{E-05}	1,36 ^{E-04}	3,58 ^{E-05}	2,57 ^{E-06}	5,32 ^{E-06}	2,23 ^{E-06}	1,75 ^{E-07}
Cyperméthrine alpha	3,71 ^{E-06}	9,66 ^{E-06}	2,89 ^{E-05}	5,73 ^{E-08}	2,46 ^{E-07}	4,79 ^{E-07}	-
Cyperméthrine bêta	5,40 ^{E-06}	9,53 ^{E-06}	5,16 ^{E-05}	1,47 ^{E-07}	5,14 ^{E-07}	-	-
Dieldrine	-	-	2,49 ^{E-07}	6,62 ^{E-08}	9,73 ^{E-07}	5,41 ^{E-07}	-
Emamectine Benzoate	3,73 ^{E-08}	1,28 ^{E-06}	1,22 ^{E-06}	4,73 ^{E-07}	2,28 ^{E-07}	-	2,04 ^{E-08}
Endosulfan II	-	-	3,71 ^{E-07}	-	-	-	3,35 ^{E-07}
HCH-delta	-	-	-	-	2,89 ^{E-07}	-	-
Imidaclopride	2,08 ^{E-05}	3,02 ^{E-05}	1,35 ^{E-05}	7,93 ^{E-06}	5,85 ^{E-06}	1,18 ^{E-07}	3,04 ^{E-07}
Méthoxychlore	2,54 ^{E-08}	-	-	-	-	-	-
Ométhoate	-	-	1,16 ^{E-06}	-	-	-	-
Penta chlorobenzène	-	-	-	-	-	6,70 ^{E-10}	-
Profenofos	5,69 ^{E-06}	1,88 ^{E-05}	7,14 ^{E-03}	2,04 ^{E-05}	1,51 ^{E-05}	-	9,12 ^{E-08}
Triazophos	2,60 ^{E-08}	-	1,26 ^{E-07}	-	-	-	-

Les apports quotidiens en résidus de pesticides varient de 10^{-10} à 10^{-5} mg/kg pour la tomate et l'aubergine africaine. Ils sont de l'ordre 10^{-9} à 10^{-4} mg/kg pour le gombo, ensuite de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-3} mg/kg pour l'oseille, de 10^{-9} à 10^{-5} mg/kg pour l'aubergine européenne, de 10^{-10} à 10^{-6} mg/kg pour le concombre et de 10^{-8} à 10^{-7} mg/kg pour l'eau. Ces valeurs sont faibles.

Afin d'évaluer les quantités quotidiennes de résidus de pesticides apportées par l'ensemble des aliments, la somme des apports de chaque aliment pour la même matière active a été faite et les résultats sont consignés dans le tableau XI.

Ces valeurs obtenues (DJA Total) ont été comparées aux Doses Journalières Admissibles (DJA) disponibles sur la base de données du CODEX Alimentarius (2013) afin d'examiner d'éventuels effets néfastes sur la santé.

Tableau XI: Apports quotidiens en résidus de pesticides par l'ensemble des aliments (mg/kg) comparés aux DJA (Codex) (en mg/kg).

Matières actives	DJA Total (mg/kg)	% du DJA codex	DJA codex (mg/kg)
Acétamipride	7,76 ^{E-05}	0,00000%	0,07
Aldrine	2,39 ^{E-07}	0,00000%	0,0001
Atrazine	9,25 ^{E-08}	0,00000%	0,0001
Azadirachtine	3,10 ^{E-06}	-	
Carbofuran	4,52 ^{E-07}	0,00000%	0,001
Chlorpyrifos-ethyl	3,98 ^{E-04}	0,00000%	0,01
Cyhalothrine	1,99 ^{E-04}	0,00000%	0,02
Cyperméthrine alpha	4,30 ^{E-05}	0,00000%	0,02
Cyperméthrine bêta	6,72 ^{E-05}	0,00000%	0,02
Dieldrine	1,83 ^{E-06}	0,00000%	0,0001
Emamectine Benzoate	3,27 ^{E-06}	0,00000%	0,0005
Endosulfan II	7,06 ^{E-07}	0,00000%	0,006
HCH-delta	2,89 ^{E-07}	0,00000%	0,001
Imidaclopride	7,28 ^{E-05}	0,00000%	0,06
Méthoxychlore	2,54 ^{E-08}	-	
Ométhoate	1,16 ^{E-06}	0,00000%	0,002
Penta chlorobenzène	6,70 ^{E-10}	-	
Profenofos	7,20 ^{E-03}	0,00000%	0,03
Triazophos	1,52 ^{E-07}	0,00000%	0,001

La DJA de chaque pesticide pour un maraicher de 50 kg consommant dans la journée les six légumes et l'eau de puits varie dans l'ordre de 10^{-10} à 10^{-3} mg/kg. Ces valeurs sont très faibles par rapport aux DJA du codex. La comparaison des résultats obtenus avec les DJA individuelles indique que le risque lié à la consommation des légumes et des eaux de puits provenant des villages de notre étude est très faible. En effet, les résultats présentés dans notre étude surestiment la réalité car les processus de transformation et de préparation des aliments (épluchage, cuisson, lavage)

n'ont pas été pris en compte. Ces processus réduisent la teneur en résidus de pesticides dans les aliments. Puisque ces facteurs ne sont pas pris en compte et que l'on ne dépasse pas les DJA du Codex, nous avons donc de très faibles risques. Les concentrations ingérées sont en réalité encore plus faibles. Les risques pour la santé du consommateur liés à l'ingestion de très faibles quantités de résidus présents dans une denrée agricole, sont considérés comme très faibles par le COT (Independent Committee on Toxicity; 15 octobre 2002) (Aprifel, 2010). De plus, l'ingestion de ces éventuels résidus conduit à des voies métaboliques avec un passage hépatique quasi obligatoire qui représente une voie de détoxification majeure, inactivant le plus souvent les molécules concernées (Aprifel, 2010). Selon Consumers International (2015), les concentrations de pesticides individuels retrouvés à l'état de résidus dans un seul aliment sont souvent loin d'atteindre la dose susceptible de provoquer une intoxication aiguë immédiate. Mais l'ingestion régulière et à long terme de niveaux très faibles de différents pesticides dans les aliments et les boissons est préoccupante, en particulier lorsqu'il s'agit de pesticides connus pour provoquer des effets indésirables en cas d'exposition prolongée surtout que 85 % de nos enquêtés se nourrissent trois fois par jour. Traoré et *al.*, (2008) et Kouadio (2014) ont également affirmé que l'exposition répétée, renforcée par le caractère cumulatif de certaines substances pourraient présenter à long terme des risques et entraîner des maladies: immunodéficience, déficits neurologiques, troubles de la reproduction, anomalies du comportement et la cancérogenèse. À cela s'ajoutent des incertitudes concernant les effets des mélanges de différents résidus de pesticides, qui peuvent interagir dans l'organisme et exacerber les dégâts. Les récents travaux scientifiques du PAN (Pesticide Action Network) (2012) portant sur les effets des pesticides à très faible dose suggèrent que les niveaux de sécurité actuels devraient être beaucoup plus stricts pour correctement protéger la santé humaine, en particulier celle des enfants et des autres groupes vulnérables car les principaux problèmes de santé liés à l'ingestion quotidienne de résidus de pesticides peuvent être d'ordre neurologiques, des dérèglements hormonaux et un risque accru de cancer.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présence de résidus de pesticides dans les aliments de consommation tels les légumes est une source de préoccupation et un sujet sensible pour la population. Au Burkina Faso, particulièrement à Loumbila, le régime alimentaire est monotone et caractérisé par les céréales (maïs, riz, mil) et leurs accompagnements (sauce d'oseille, d'arachide, de tomate, d'aubergine, de gombo). 45 % des maraîchers utilisent les légumes provenant de leurs parcelles pour la préparation de leurs plats quotidiens. Les résultats des analyses obtenus ont mis en évidence la présence de 19 résidus de pesticides dans les échantillons. Ces 19 résidus de pesticides sont issus de 19 pesticides dont 73,68 % d'entre eux ne sont pas homologués. Parmi ces échantillons positifs, 10,9 % avaient des concentrations au-dessus de la LMR. Les valeurs de LMR ont été le plus souvent dépassées dans les tomates, les gombos et les feuilles d'oseille. Les apports quotidiens en résidus ingérables calculés par la suite par matière active prise individuellement ont montré que les quantités de résidus ingérables estimées représentaient une très petite proportion des Doses Journalières Admissibles (DJA) des matières actives correspondantes. Même s'ils sont très inférieurs à la DJA établie par le Codex et donc acceptable, nous sommes interpellés car les résidus de pesticides mis en évidence sont pour la plupart proscrits d'utilisation à cause du danger qu'ils font encourir. C'est le cas du profenofos, de l'imidaclopride et de l'atrazine. Ces résidus de pesticides identifiés dans les différents échantillons peuvent à long terme, à cause de leur tendance à la bioaccumulation, présenter des effets toxiques à des degrés divers sur l'homme tels que les déficits neurologiques, les troubles de la reproduction, des anomalies du comportement et la cancérogenèse.

Les résultats de notre étude ne justifient pas de limiter la consommation de légumes, reconnue pour avoir des effets bénéfiques sur la santé. Cependant la prudence s'impose toutefois et des efforts doivent toujours être accomplis pour limiter la présence des résidus de pesticides dans les aliments.

Ainsi, aux maraîchers, nous recommandons parmi les moyens visant à réduire les risques des pesticides dans les aliments, le respect des délais avant récolte et des bonnes pratiques agricoles.

Aux autorités, nous recommandons :

- un renforcement du contrôle des pesticides distribués et vendus à Loumbila en particulier et sur toute l'étendue du territoire du Burkina Faso, car plusieurs pesticides non homologués se retrouvent sur le marché.
- l'organisation de programmes de formation, de sensibilisation des agriculteurs sur la connaissance des dangers liés à l'utilisation des pesticides. Cela permettra la prise de

conscience des dangers personnels et publics qu'ils génèrent par un usage mal maîtrisé des pesticides ;

- l'incitation des maraîchers à s'approvisionner auprès des revendeurs agréés et en produits homologués ;
- la sensibilisation des consommateurs à l'existence d'un risque potentiel sans inquiéter de façon excessive et provoquer une désaffection pour les légumes frais.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adeyeye A. et Osibanjo O. (1999), Residues of organochlorine pesticides in fruits, vegetables and tubers from Nigerian markets. *The Science of the Total Environment* 231: pp. 227-233.

Afssa (2004), Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de qualité des pesticides dans les eaux destinées à la consommation humaine. Afssa-Saisine n°2004-SA-0069.

Afsset (2010), Portail des bases de données de propriétés des pesticides. Rapport scientifique, édition scientifique, 68 p.

Agence Européenne pour la Sécurité Alimentaire 1, (2011). Rapport européen annuel 2011 sur les résidus de pesticides dans les denrées alimentaires vendues en Europe.

Aprifel 2010), Pesticides, risques et sécurité alimentaire, 216 p.

Assogba-Komlan F, Anihouvi P, Achigan E, Sikirou R, Boko A. et Adje C. (2007), Pratiques culturales et teneur en éléments antinutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au Sud du Bénin. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 7 : pp.1-21.

Autissier V. (1994), jardins de villes, jardins des champs: maraîchage en Afrique de l'ouest du diagnostic à l'intervention, édition gret, 295 p.

Baranowski T. et Domel S. (1994), A cognitive model of children's reporting food intake. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1994, 59 (1. S): pp. 212-217.

Beaufrand M., Poullain B., Kleind. Et Debry G.(1978), Libération de pesticides organochlorés lors de pertes pondérales aiguës. *Toxicological European Research* 1, 39 p.

Bognini S. (2006), Les cultures maraîchères dans l'économie des ménages à Réo et à Goundi, Mémoire de maitrise, Géographie, Université de Ouagadougou, 126 p.

Botter R. et Bouchoux G. (1995), Spectrométrie de masse, Techniques de l'Ingénieur, traité Analyse et Caractérisation, 46 p.

Chance G. et Harmsen E. (1998), « Les enfants sont différents : les contaminants de l'environnement et la santé des enfants » revue canadienne de santé publique, vol.89, supplément 1, mai-juin 1998, p.10-14.

CILSS (1999), Réglementation commune aux Etats membres du CILSS sur l'homologation des pesticides (version révisée). Bamako, 30 p.

Cissé I., Badiane M., Ngom S., Diop M. et Séné M. (2008), Usage des pesticides et risques sanitaires sur la production horticole de la zone des Niayes au Sénégal. Rev. Sen. Rech. Agri. Agroalim, 03 (2008), pp. 19-26.

CNCP (2011), Manuel de procédures de contrôle des pesticides au Burkina Faso. 54 p.

Coly A. (2000), Recherche et dosage des pesticides organochlorés dans le lait maternel au niveau de la région de Dakar. Thèse de doctorat en pharmacie, UCAD, Dakar, 236 p.

Congo K. (2013), Risques sanitaires associés à l'utilisation de pesticides autour de petites retenues : cas du barrage de loubila Mémoire master 2iE, 68 p.

Danel P. (2005), Etude de la consommation alimentaire à Ouagadougou, Burkina Faso : typologie des régimes. Mémoire de master. INA-PG, 46 p.

Devillers J., Farret R., Girardin P., Rivière J-L., Soulias G. (2005), Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Tec et doc. Lavoisier, 278 p.

Dop M., Milan Ch., Milan Cl. and N'Diaye A. (1994), The 24-H recall for Senegalese weanlings: a validation exercise. European Journal of Clinical Nutrition, 48: pp. 643-653.

El Mrabet K. (2010), Développement d'une méthode d'analyse de résidus de pesticides par dilution isotopique associée à la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem dans les matrices céréalières après extraction en solvant chaud pressurisé. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie-Curie, 295 p.

FAO (2006), Manual on the development and use of fao and who specifications for Pesticides, revision of the first edition. Rome, food and agriculture Organization of the United Nations and Geneva, world health organization, March.

FAO/OMS (2002). Manual on development and use of FAO and WHO specifications (JMPS) Rome, 2001. 42 p.

FAO (2000), joint fao/who food standards programs, codex alimentarius Commission, procedural manual, 11th edn, Rome.

Farag R., Abdel L., El-Gawad A. et Dogheim S., (2011), Monitoring of pesticide residues in some Egyptian herbs, fruits and vegetables, *International Food Research Journal* , vol. 18, pp. 659-665.

Ibrahima C., Abdoul Aziz T., Safiétou T., El Hadji S. (2003), Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine: cas de la zone des Niayes au Sénégal, Volume 12, numéro 3, Mai-Juin 2003, pp. 181-186.

ILFSD (International Labour Foundation for Sustainable Development), (2011), Manuel de formation sur les pesticides, 100 p.

Kankonde M. et Tollens E. (2001), Sécurité alimentaire au Congo-kinshasa: production, consommation et survie. Publié par l'harmattan, 478 p.

Kishimba M., Henry L, Mwevura H, Mmochi AJ, Mihale M, Hellar H., (2004), The status of pesticide pollution in Tanzania. *Talanta* 64, pp. 48-53.

Kouadio D., Ehouman S., Soro B., Diarra M., Doumbia M., Meite L., Mamadou K., Dembele A. et Traore S. (2014), Contamination du lait caillé et de l'œuf consommé en Côte d'Ivoire par des pesticides organochlorés, *Afrique SCIENCE* 10(4), pp. 61-69 ISSN 1813-548X.

Laboratoire National de métrologie et d'Essais (2008), Les pesticides: traçabilité métrologiques des mesures – LNE, 15 p.

Lehotay S. J., Hajslova J. (2002), *Trends in Anal. Chem.*, 21, pp. 686-697.

Lesauvage S. (1997), Mise au point d'outils pour le rappel des 24 heures en milieu urbain sénégalais, Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées nutrition et alimentation dans les pays en développement, Université de Montpellier II, 60 p.

Madjouma K., Gbandi D., Kpérkouma W., Kissao G., Komlan B., Ambaliou S. et Koffi A. (2013), Application des pesticides en agriculture maraîchère au Togo. Volume 13 numéro 1/avril, 8 p.

Manirakiza P., Akinbamijo O., Covaci A., Pitonzo R. et Schepens P. (2003), Assessment of organochlorine pesticide residues in West African City Farms: Banjul and Dakar case study. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 44, pp. 171-179.

Margarita L-C., Dante A., Patricia O-W., Carmen G.-H., Yolanda C. and Luz H. (2004), Chemosphere, Volume 55, Issue 10, June, pp. 1421-1427.

Margni M., Rossier D., Crettaz P. and Jolliet O. (2002), Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 93, pp. 379-392.

Mawussi G. (2008), Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 207 p.

Mbaby A (2013), Risques environnementaux et sanitaires associés à l'usage des pesticides autour de petites retenues d'eau : cas du continuum Bam-Dem-Sian, Mémoire master 2iE, 72 p.

Meyer A., Chrisman J., Josino C. M. and Sergio K. (2003), Environmental Research, Volume 93, Issue 3, November, pp. 264-271.

Musse N. et Méjean L. (1991), Les enquêtes alimentaires chez, l'homme. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 26, fascicule 4: pp. 238-240.

Namies J, Gorecki T. (2001), polish J. of Environ. Studies, 10, pp. 77-84.

Ntow W. (2001), Organochlorine pesticides in water, sediment, crops, and human fluids in a farming community in Ghana. Archive of Environmental Contamination and Toxicology 40: pp.557-563.

Ohui D. (2014), Risques environnementaux et sanitaires associés à l'utilisation des pesticides autour des petites retenues d'eau : cas du bassin versant de Nariarle, Mémoire master 2iE, 98 p.

PAN (2012), A Generation in Jeopardy: How pesticides are undermining our children's health & intelligence (Une génération en péril : les pesticides endommagent la santé physique et mentale de nos enfants), PAN Amérique du Nord et Californians for Pesticide Reform, 2012, <http://www.panna.org/publication/generation-in-jeopardy> consulté le 01 septembre 2015.

PSD (1997). Organophosphorus residues in carrots: monitoring of UK crops in 1996/7 and carrots imported between November and May 1996, » Pesticides Safety directorate, York, UK.

Rosset R., Caude M., Jardy A., (1991) Chromatographie en phase liquide et supercritique, Lavoisier, 919 p.

Sánchez-Peña L., Reyes B., López-Carrillo L., Recio R., Morán-Martínez J., Cebrián M. E. and Quintanilla-Vega B. (2004), Toxicology and Applied Pharmacology, Volume 196, Issue 1, 1 April, Pages 108-113.

Santos F. J., Galceran M. T. (2002), Trends in Anal. Chem., 21, pp. 672-685.

Sawadogo L. (2012), Utilisation des pesticides dans les cultures Maraîchères en zone urbaine et périurbaine de Ouagadougou : Etude des risques toxicologiques, Thèse de doctorat. Université de Ouagadougou, 129 p.

Scheyer A. (2004), Développement d'une méthode d'analyse par cpg/ms/ms de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuse, particulaire et liquide de l'atmosphère, phd, Strasbourg: université louis pasteur. 273 p.

Toé A., Kinane M., Koné S., Sanfo-Boyarm E. (2004), Le non-respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticide en culture cotonnière au Burkina Faso : Quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement.", Revue Africaine de santé et de productions animales, 2 (3-4): pp. 275-280.

Tranchant J. (2004), Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse, Masson. 504 p.

Traore K., Dembele A., Mamadou K., Mambo V., Lafrance P., Bekro Y-A. et Houenou P. (2008), Contrôle des pesticides organochlorés dans le lait et produits laitiers : Bioaccumulation et risques d'exposition, *Afrique Science*, 04 (1), pp. 87-98.

Traore K., Mamadou K., Dembele A., Lafrance P., Banton O. et Houenou P. (2002), Résidus de pesticides organochlorés dans le lait humain dans une zone agricole de Côte d'Ivoire, *Journal Ouest-Africain de Chimie*, 13, pp. 99-109.

Wade C. (2003), L'utilisation des pesticides dans l'agriculture périurbaine et son impact sur l'environnement. Thèse de Pharmacie, Université Cheick Anta Diop, Dakar. 59 p.

Ware G. and Whitacre D., (2004), An introduction to insecticides, 4th Ed. In *The Pesticide Book*, 6th Ed. Meister Media Worldwide, Willoughby, Ohio, p. 496.

WHO, (2011), Generic risk assessment model for indoor and outdoor space spraying of insecticides. 72 p.

Yoann F. (2011), Produits phytosanitaires : Développement d'une méthode d'analyse multi-résidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem. *Analytical chemistry*. Université d'Angers, French, 290 p.

Young L. and Nestle M. (1994), Portions sizes in dietary assessment: issues and policy implications. *Nutrition review*, 53, 6: pp. 149-158.

Sites web:

Anonyme 1 (2015), <http://www.notre-planete.info/ecologie/alimentation/pesticides.php>. Consulté le 09/09/2015.

ANNEXES

ANNEXE I : extrait du décret N°2008-679/PRES/PM/MAHRH/ MCPEA du 27 octobre 2008.

Décret N°2008-679/PRES/PM/MAHRH/ MCPEA du 27 octobre 2008 portant conditions de délivrance d'agrément pour le formulateur, le reconditionneur, le vendeur grossiste, le vendeur détaillant et l'applicateur prestataire de services de pesticides

LE PRESIDENT DU FASO,

PRESIDENT DU CONSEIL DES MINISTRES,

VU la constitution ;

VU le décret n° 2007-349/PRES du 04 juin 2007 portant nomination du Premier Ministre ;

VU le décret n°2008-138/PRES/PM du 23 mars 2008 portant remaniement du Gouvernement ;

VU le décret n°2007-424/PRES/PM/SGG-CM du 13 juillet 2007 portant attributions des membres du Gouvernement ;

VU la Réglementation Commune aux Etats membres du CILSS sur l'homologation des pesticides ;

VU la loi N°041/96/ADP du 08 novembre 1996, instituant un contrôle des pesticides au Burkina Faso ;

VU la loi N°006/98/AN du 26 mars 1998 portant modification de la loi N°041/96/ADP du 08 novembre 1996, instituant un contrôle des pesticides au Burkina Faso ;

VU la loi N°05/97/ADP du 30 janvier 1997, portant Code de l'Environnement au Burkina Faso ;

VU le décret N°2005-051/PRES/PM/MAHRH/ du 25 février 2005 portant modification du décret n°98-472/PRES/PM/AGRI du 2 décembre 1998 portant attributions, composition et règles de fonctionnement de la Commission nationale de contrôle des pesticides ;

Sur rapport du Ministre de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques ;

Le Conseil des Ministres en sa séance du 16 juin 2008 ;

DECRETE :

Chapitre 1 Des dispositions générales

Article 1 : En application de l'article n°4 de la loi n°006/98/AN du 02 décembre 1998 portant modification de la loi n° 041/96/ADP du 08 novembre 1996 instituant un contrôle des

pesticides au Burkina Faso, il est institué un agrément pour tout formulateur, reconditionneur, vendeur grossiste, vendeur au détail et applicateur prestataire de service de pesticides.

Article 2 : L'agrément est délivré par le Ministre chargé du commerce sur avis technique du Ministre chargé de l'agriculture.

Chapitre 2 du dossier de demande d'agrément

Article 3 : Le demandeur doit déposer au cabinet du Ministre chargé de l'agriculture un dossier de demande d'agrément comprenant :

1. une demande timbrée à 200 Francs CFA adressée au Ministre chargé du Commerce sous couvert du Ministre chargé de l'Agriculture ;
2. trois (03) fiches d'identification fournies par les services de la Protection des Végétaux dûment remplies ;
3. un curriculum vitae ;
4. les photocopies légalisées des diplômes et/ou les titres et attestations justifiant de la connaissance des pesticides ;
5. le curriculum vitae et les photocopies légalisées des diplômes d'un associé résident, spécialiste de la protection des végétaux chargé de conseil et d'assistance du demandeur en matière de pesticides en cas de besoin ;
6. un engagement écrit par lequel l'intéressé s'oblige à:
 - i. informer tout acheteur sur le choix et l'utilisation des pesticides ;
 - ii. attirer l'attention de tout acheteur sur la toxicité des pesticides ainsi que les risques d'intoxication pour l'homme et les animaux et de pollution pour l'environnement ;
 - iii. donner le mode d'emploi pour la manipulation des appareils de traitement ;
 - iv. assurer la protection permanente et le contrôle médical périodique du personnel susceptible d'être exposé aux pesticides ;
 - v ne formuler, reconditionner, importer, vendre et appliquer que des pesticides autorisés ;
 - vi accepter de suivre les formations sur les produits phytosanitaires dispensées par l'Etat ou autres institutions pour les acteurs du domaine des pesticides.
7. un contrat de bail ou tout autre titre attestant que le demandeur dispose d'infrastructures et d'appareillage technique adéquat, de formulation, de reconditionnement, d'importation, de vente au détail et d'application professionnel, sans risque pour la santé humaine ou animale et l'environnement ;

8. des indications sur l'emplacement, la superficie, l'état et la viabilité des infrastructures de formulation, de reconditionnement, de transport, de stockage et de vente ainsi que la qualité des appareillages techniques.

9. une attestation fiscale en cours de validité ;

10. une photocopie légalisée de la carte professionnelle de commerçant en cours de validité pour les personnes physiques et une copie du registre du commerce et du crédit mobilier (RCCM) pour les personnes morales ;

11. une photocopie du reçu de versement des frais d'études des dossiers de demande d'agrément ;

12. une liste actualisée de ses fournisseurs comportant leurs adresses complètes;

ANNEXE II : Questionnaire sur le rappel alimentaire des dernières 24 heures

Questionnaire sur le rappel alimentaire des dernières 24 heures	
ID n°:	
Date :	Photos n°:
Lieu:	GPS n°:

Début de l'interview: /_/_/ :/_/_/ (h/min)

Fin de l'interview : /_/_/ :/_/_/ (h/min)

Introduction

A travers cette interview nous aimerions savoir ce que vous avez mangé la veille. Vous devez vous rappeler tout ce que vous avez mangé y compris les boissons, les collations, les sauces, les épices, etc. Il n'y a pas de bonne, ni de mauvaise réponse. Il vous suffit de nous dire ce que vous avez réellement mangé. Avez-vous des questions? Sinon, nous allons commencer.

1. Identité de l'enquêté:

Nom et prénom(s) :

Sexe : (0) Masculin (1) Féminin Age :

Activité principale :Activité secondaire :

2. Au sujet de la veille (dernières 24 heures):

2.1 Etait-ce un :

(1) lundi (2) mardi (3) mercredi (4) jeudi (5) vendredi (6) samedi (7) dimanche

2.2 Etait-ce un :

(1) jour de travail ordinaire (2) jour férié (3) jour de fête (4) Autre à préciser.....

3. Liste rapide des aliments/boissons consommés :

Pouvez-vous nous dire tout ce que vous avez mangé ou bu, d' hier 6h du matin à aujourd'hui 6h du matin ?

4. Liste détaillée des aliments/boissons consommés :

Maintenant, je vais vous demander plus de détails sur les aliments et les boissons que vous venez d'énumérer. J'aimerais que vous me précisiez «quand», «à quelle occasion», «quelle quantité» et «où» vous avez mangé/bu tous vos aliments/boissons hier. Si vous vous rappelez, au fur et à mesure qu'on avance, autre chose que vous avez consommé n'hésitez pas à me le faire savoir.

4.1 A quel moment de la journée avez-vous consommé les aliments/boissons que vous avez rapidement énumérés tout à l'heure

(1) le matin (2) à midi (3) l'après-midi (4) en début de soirée (5) la nuit

4.2 A quelle heure à peu près avez-vous consommé les aliments/boissons que vous avez rapidement énumérés tout à l'heure ?

4.3 C'était à quelle occasion ?

(1) petit-déjeuner (2) déjeuner (3) dîner (4) autre à préciser..... (5) pas de réponse

4.4 Où est-ce que vous avez obtenu votre nourriture ?

(1) fait-maison (2) kiosque/maquis (3) vendeur ambulant (4) autre à préciser.....(5) pas de réponse

4.5 Avez-vous vous-même préparé ce que vous avez mangé?

(1) oui (2) non (3) ne sait pas (4) pas de réponse

4.6 Si fait-maison, votre repas de la veille était composé d'aliments qui provenaient :

(1) de votre parcelle maraîchère (2) du marché (3) de la boutique (4) autre à préciser.....(5) pas de réponse

4.7 De quoi était composé ce que vous avez mangé?

4.8 Les aliments consommés étaient:

(1) crus (2) bouillis (3) frits (4) cuits à la vapeur (5) autre à préciser.....(6) pas de réponse

4.9 Concernant le repas ou le plat que vous avez consommé, comportait-il d'autres ingrédients ? Si oui, lesquels ?

4.10 Quelle quantité de chaque aliment avez-vous consommée?

4.11 Pendant votre repas, avez-vous mangé la totalité de ce qui vous a été proposé ?

(1) oui (2) non (3) ne sait pas (4) pas de réponse

4.12 Si non, quelle fraction représente à peu près ce que vous avez réellement mangé ?

(1) les 3/4 du repas (2) la 1/2 du repas (3) le 1/3 du repas (4) ne sait pas (5) autre à préciser..... (6) pas de réponse

4.13 La quantité de nourriture que vous avez consommée durant les dernières 24 heures était :

(1) la même que d'habitude (2) moins que d'habitude (3) plus que d'habitude (4) pas de réponse

4.13.1 Pourquoi (2) ?

(1) malade (2) pas d'argent (3) en jeune (4) très occupé (5) stressé (6) pas d'appétit (7) autre à préciser.....(8) pas de réponse

4.13.1' Pourquoi (3) ?

(1) en voyage (2) repas ou jour spécial (3) stressé ou ennuyé (4) en vacances ou en congés (5) Autre à préciser.....(6) pas de réponse

4.14 Ce que vous avez bu était:

(1) de l'eau (2) du café (3) du thé (4) une boisson alcoolisée (5) une boisson traditionnelle alcoolisée (6) boisson traditionnelle non alcoolisée (7) une boisson gazeuse (8) autre à préciser..... (9) pas de réponse

4.15 Si nécessaire, préciser de quoi était composé ce que vous avez bu?

4.16 Qu'avez-vous bu en plus de ce que vous avez cité tout à l'heure ?

4.17 Quelle quantité de boisson avez-vous consommée?

4.18 Avez-vous consommé la totalité de la boisson qui vous a été proposée ?

(1) oui (2) non (3) ne sait pas (4) pas de réponse

4.19 Si non, quelle fraction représente à peu près ce que vous avez réellement bu ?

(1) les 3/4 de la boisson (2) la 1/2 de la boisson (3) le 1/3 de la boisson (4) ne sait pas (5) autre à préciser.....(6) pas de réponse

4.20 La quantité de boisson que vous avez consommée durant les dernières 24 heures était :

(1) la même que d'habitude (2) moins que d'habitude (3) plus que d'habitude (4) pas de réponse

4.20,1 Pourquoi (2) ?

(1) malade (2) pas d'argent (3) en jeune (4) très occupé (5) stressé (6) pas d'appétit (7) autre à préciser.....(8) pas de réponse

4.20,1' Pourquoi (3) ?

(1) en voyage (2) repas ou jour spécial (3) stressé ou ennuyé (4) en vacances ou en congés (5) Autre à préciser.....(6) pas de réponse

5. Passage en revue des informations consignées dans le tableau :

5.1 Quelle est la première boisson/premier aliment que vous avez consommé(e) hier à votre réveil ? Heure et occasion à préciser.

5.2 A.....h vous avez pris votre.....et vous avez mangé/bu.....Avez-vous mangé/bu quelque chose d'autre ?

5.3 Avez-vous mangé/bu quelque chose entre votre..... et votre..... tel qu'un fruit, un dessert ?

5.4 Lors de votre dernier.....vous avez mangé/bu.....Avez-vous mangé/bu quelque chose d'autre ?

5.5 Avez-vous mangé quelque chose entre minuit et l'heure de votre réveil aujourd'hui ?

5.6 Maintenant, j'aimerais que vous vous rappeliez tout ce que vous avez mangé/bu la veille et dont vous avez oublié de me parler, incluant tout ce que vous avez mangé ou bu pendant que vous prépariez le repas ou en attendant de le manger.

6. Intoxications alimentaires

6.1 Avez-vous déjà ressentis un malaise suite à la consommation de nourriture ?

6.2 Si oui, quelle était la nourriture à l'origine du malaise ?

6.3 Où vous l'avez consommé ?

6.4 Quels étaient les symptômes ?

ANNEXE III : Fiche parcelle

Fiche parcelle	
Projet: 3E - pesticides	
ID n°:	Photos n°:
Auteur(s):	Date: / /
Localisation	
Village:	_____
Quartier:	_____
Coordonné /	_____
N° carte:	_____
Surface totale de la parcelle:	_____ m ²
	Pendage : _____
	Pente _____
	(%) : _____
La parcelle est :	exposée au vent <input type="checkbox"/> protégée du vent <input type="checkbox"/>
Direction principale du vent:	_____
Occupation du sol	
Présence d'arbre:	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Nbre:	_____
Essences:	_____

Ces arbres protègent du soleil?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
% de la parcelle à l'ombre:	_____ %			
Propriétaire				
Propriétaire				
Nom:	_____			
Téléphone:	_____			
	Location:	_____ FCFA		
	Autre:	_____		

Durée de l'occupation (année):	_____			
Utilisations antérieures:				
Type d'utilisation :	_____		de - à _____	
Type d'utilisation :	_____		de - à _____	
Type d'utilisation :	_____		de - à _____	
Fiche parcelle				
Projet: 3E - pesticides				
Auteur(s):	_____		Date:	_____/_____/_____
Type d'agriculture				
Type:	Agriculture vivrière		Agriculture de rente	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Monoculture:	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Surface exploitée:	_____ m ²			

Spéculations cultivées:

Cultures	Superficie	Semis	Récolte	Parcelle

Projet: 3E - pesticides

ID n°:

Auteur(s):

Date: / /

Pesticides

Où lavez-vous le matériel de traitement après usage ?

A quelles heures de la journée, les traitements sont-ils réalisés ?

Tenez-vous compte des conditions météorologiques lors du traitement ?

Oui Non

Si oui, lesquelles?

Direction du vent Ensoillement

Autre: Pluie

e: _____

Quand décidez-vous de commencer le 1er traitement ?

Avez-vous connaissance des délais de carences ? Oui Non

De qui tenez-vous ces délais? Revendeu
r Voisin
Service de l'agriculture Autre: _____

Respectez-vous ces délais? Oui Non

Quelles est la destination de vos produits ? Ménag Marchés locaux
Marchés de Ouaga Autre: _____

Fiche parcelle									
Projet: 3E - pesticides									
ID n°:									
Auteur(s):					Date: / /				
Pesticides parcelle									
Type de culture traitée	Nom commercial du produit	Matières actives	Type de pesticide (insecticides, herbicides, fongicides, etc.)	Formulation	Surface traitée (m2)	Quantité appliquée par traitement	Volume du réservoir (m3)	Nombre de traitement	Fréquence d'application

ANNEXE IV : Recette des plats

	Poids brut (g)
Tô de maïs	
- Farine de maïs	1000
- eau	1000
Tô de sorgho	
- Farine de sorgho	1000
- Eau	1000
Riz gras	
- Riz blanc	1000
- Huile	479
- Poisson de mer	68
- Bouillon cube	22
- Sel	20
- Oignon frais	184
- Tomate fraiche	184
Gombo sec	
- Gombo séché	100
- Poisson séché	44
- Sel	25
- Maggi	27
- Soumbala	68
- Piment sec	3
- Potasse	64
- Oignons	244
- Huile d'arachide	65
- Eau	2000
Gombo frais	
- Gombo	300
- Oignon	56
- Soumbala	14
- Maggi	11
- sel	7
- Poisson	194
- Huile	36
- Eau	2000

Sauce feuilles d'oseille	
- Grandes feuilles d'oseille	300
- Gros sel	11
- Potasse solide	18
- Poisson fumé sec	14
- Piment	2
- Pâte d'arachide	140
- Maggi	11
- Soumbala	49
- Oignon	151
- Huile de coton	165
- Beurre de karité	25
- Gombo sec	5
- Eau	2000
Sauce Bulvaka	
- Feuille du bulvaka	500
- Sel	21
- Potasse	5
- Bouillon cube	20
- Poisson	100
- Soumbala	50
- Oignon frais	109
- Eau	2000
Sauce tomate	
- Tomate	150
- Piment frais	10
- Soumbala	14
- Oignon	106
- Sel	10
- Huile	40
- Potasse solide	1
- poisson	110
- Eau	2000

ANNEXE V : Extrait des pesticides homologués par le CSP (2014).

Liste globale des pesticides autorisés par le CSP Version de Novembre 2014

N°	Spécialité commerciale	Classe OMS	Firme	Matière(s) active(s)	Numéro et date d'expiration	Domaines d'utilisation
11	AGEL 100 EC	III	ADAMA AGAN LTD.	propaquizalip (190 g/l)	0475-100/1e/11-12/00M-SAHEL Expire en Novembre 2017	Herbicide de post-levée autorisé contre les graminées annuelles et pérennes du cotonnier.
12	AKIZON 40 SC	III	ARYSTA EFFESCENCE	nicosulfuron (40 g/l)	0497-100/1e/06-12/00M-SAHEL Expire en Juin 2017	Herbicide autorisé contre les graminées et les dicotylédones du maïs
13	ALADIN	II	SAVANA	phosphure d'aluminium (560 g/kg)	0906-A0/1a/11-14/APV-SAHEL Expire en Novembre 2017	Insecticide Fungicide à usage professionnel pour la protection des denrées stockées.
14	ALLIGATOR [®]	III	SCPA SIVEX INTERNATIONAL (SSI)	pendimethaline (400 g/l)	0503-100/1e/05-14/00M-SAHEL Expire Mai 2019	Herbicide de pré-levée sélectif autorisé contre les mauvaises herbes sur le maïs
15	ALLIGATOR [®]	III	SCPA SIVEX INTERNATIONAL (SSI)	pendimethaline (400 g/l)	0503-A0-X1/1e/05-14/APV-SAHEL Expire Mai 2017	Herbicide de pré-levée sélectif autorisé contre les mauvaises herbes sur le cotonnier
16	ALMECTINE 20 EC	II	ALM INTERNATIONAL	azoxystrobin (20 g/l)	0764-A0/1a/05-14/APV-SAHEL Expire Mai 2017	Insecticide autorisé contre les ravageurs du cotonnier.
17	ASULCOX	III	ALM INTERNATIONAL	asulam (100 g/l)	0783-A0/1e/05-14/APV-SAHEL Expire Mai 2017	Herbicide autorisé en post-levée de la canne à sucre.
18	AMSAC 150 SC	II	SAVANA	indoxacarb (150 g/l)	0557-A1/1a/07-12/APV-SAHEL Expire en Juillet 2015	Insecticide autorisé contre les insectes phytophages et ravageurs du cotonnier
19	ANTOUKA 09 DF	III	SCPA SIVEX INTERNATIONAL	perméthrin-méthyl (10g/kg) / perméthrin (1g/kg)	0804-A0/1a/11-14/APV-SAHEL Expire en Novembre 2017	Insecticide en traitement des denrées alimentaires.
20	ANTRACOL 70 WP	III	BAYER CROP SCIENCE AG	propiconazole (70 g/kg)	0823-A0/Fa/11-14/APV-SAHEL Expire en Novembre 2017	Fongicide autorisé contre l'altaria, la rouille, l'oïdium, la fumigose de la tomate
21	AQUATAIN AMF	III	AQUATAIN PRODUCTS PTY LTD	silicane (80%)	0748-A0/1a/05-13/APV-SAHEL Expire en Mai 2016	Insecticide autorisé pour lutter contre les femelles en ponte, les larves et les pupes de moustiques

Page 2 sur 28
Secrétariat Permanent du CSP INSAH, Bamako

Page 2