

Evaluation de la contamination des tubercules de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) par les pesticides dans la zone cotonnière de Djidja (Bénin)

[Evaluation of contamination of cassava tubers (*Manihot esculenta* Crantz) by pesticides in cotton area of Djidja (Benin)]

H. Firmin AÏKPO¹⁻³, Lucien AGBANDJI¹, B. Christophe CHABI², Luc KOUMOLOU¹, S. Christophe HOUSSOU³, and A. Patrick EDORH¹

¹Laboratoire de Recherche en Biochimie et Toxicologie de l'Environnement (LaRBiTE), Département de Biochimie et de Biologie Cellulaire, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

²Département de Biochimie et Biologie Moléculaire, Faculté de Médecine, Université de Parakou, BP 123 Parakou, Bénin

³Laboratoire Pierre Pagney «Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement » (LACEEDE), Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), Université d'Abomey-Calavi (UAC), BP 922 Cotonou, Bénin

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Benin, cultures are submitted to animals attacks and harmful plants. Such situations cause defoliation and destruction of the plants, thus causing huge losses to farmers. To reach the end of such situations, herbicides, insecticides and fertilizers are now being used in higher quantities than past. Even if the use of pesticides to fight weeds and parasites has increased the food crops, it also bads to their contamination. The purpose of this work is to evaluate the level of cassava tubers contamination by the use of pesticides in the township of Djidja (Benin). Nine (09) cassava samples were collected in nine (09) cotton fields in three (03) villages (Zakan Kossossa, Fonkpodji, Aklinmè) from 15th to 19th March, 2014. The analysis has been done by gas chromatography after extraction and purification. The results show a cassava contamination by glyphosate varying from 0.134 to 0.157 µg/kg, by profenofos varying from 0.115 to 0.128 µg/kg, by acetamiprid varying from 0.095 to 0.151 µg/kg and by cypermethrin varying from 0.133 to 0.153 µg/kg. A regular program must be planned to limit as possible the cassava tubers contamination by pesticides in this township.

KEYWORDS: herbicides, insecticides, fertilizers, contamination, cassava, Djidja.

RESUME: Au Bénin, les cultures sont en proie aux attaques des animaux et végétaux nuisibles et les rendements baissent. Ces prédateurs occasionnent des dégâts allant jusqu'à la destruction complète des plants, engendrant ainsi d'énormes pertes aux producteurs. Pour parvenir à bout de ces prédateurs, l'accent est désormais mis sur l'utilisation en grande quantité d'herbicides, d'insecticides et d'engrais chimiques. Même si l'emploi des pesticides pour lutter contre les insectes et les parasites a permis d'accroître les productions vivrières, il a contribué à leur contamination. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la présence de résidus de pesticides dans le manioc associés au cotonnier dans la commune de Djidja (Bénin). Neuf (09) échantillons de tubercules de manioc ont été prélevés dans trois (03) villages. L'analyse de ces échantillons a été faite par chromatographie en phase gazeuse après la phase d'extraction et de purification. Les résultats montrent un niveau de contamination par le glyphosate qui varie entre 0,134 et 0,128 µg/kg, par le profénofos qui varie entre 0,115 et 0,128 µg/kg, par l'acétamipride variant entre 0,095 et 0,151 µg/kg et par la cyperméthrine entre 0,133 et 0,153 µg/kg. Un programme de surveillance régulière doit être établi afin de limiter au mieux la contamination des tubercules de manioc par les pesticides dans cette commune.

MOTS-CLEFS: herbicides, insecticides, engrais, contamination, manioc, Djidja.

1 INTRODUCTION

L'économie béninoise, comme celle de la plupart des pays au sud du Sahara, est basée principalement sur l'agriculture. Ce secteur occupe 70% de la population active et contribue pour 39% à la constitution du produit intérieur brut (PIB), procure 90% des recettes d'exportation du pays et participe à hauteur de 15% aux recettes de l'Etat [1]. Les principales productions vivrières (maïs, manioc, igname, niébé, riz etc.) permettent de couvrir globalement les besoins alimentaires, mais restent encore largement en deçà des potentialités offertes par les conditions écologiques du pays [2]. Bien que n'étant pas structurelle au Bénin, la question de la sécurité alimentaire est préoccupante du fait de l'existence de poches d'insécurité alimentaire grave au niveau de certains groupes à risques. Au niveau national, des ménages font face à une insécurité alimentaire sévère (< 1%) ou modérée (11%), soit au total, 1,1 million de personnes sont en situation d'insécurité alimentaire [3]. Compte tenu de la croissance démographique et surtout celle des zones urbanisées, le maintien du taux d'autoapprovisionnement actuel exigera un énorme effort d'intensification, notamment pour les céréales et les tubercules. Assurer la sécurité alimentaire du Bénin à partir de la production nationale passe indubitablement par un secteur agricole performant [4]. Les principales espèces de racines et tubercules cultivées au Bénin sont le manioc et l'igname [5]. Le manioc, tout comme les autres plantes à racines occupe une place importante dans l'alimentation des Béninois [6]. Il est cultivé pour l'alimentation humaine, animale et pour l'industrie [7]. C'est aussi la troisième source de calories dans les tropiques, derrière le riz et le maïs [8]. Plusieurs produits obtenus à partir des racines et même des feuilles de manioc sont utilisés à des fins d'autoconsommation et commerciales [9]. Au Bénin, les cultures sont en proie aux attaques des animaux et végétaux nuisibles et les rendements baissent. Ces prédateurs occasionnent des dégâts allant des défoliations à la destruction complète des plants, engendrant ainsi d'énormes pertes aux producteurs. Pour parvenir à bout de ces prédateurs, l'accent est désormais mis sur l'utilisation en grande quantité d'herbicides, d'insecticides et d'engrais chimiques. Même si l'emploi des pesticides pour lutter contre les insectes et les parasites a permis d'accroître les productions vivrières, il a contribué à leur contamination. Dans ce registre, des auteurs ont signalé la contamination des produits agricoles par les pesticides au Bénin. En effet, dans une étude de recensement des pesticides au Bénin des traces d'organochlorés des DDT et dérivés du lindane, de la dieldrine, du chlordane et de l'heptachlore ont été rapportées dans 17 échantillons de produits végétaux prélevés pour analyse à travers le territoire national [10]. De même, dans une campagne de détermination des résidus laissés par les produits phytopharmaceutiques dans les produits agricoles traités, la présence de DDT, de l'heptachlore et de la dieldrine a été signalée dans 22% dans échantillons analysés [11]. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la présence des résidus de pesticides dans le manioc dans la commune de Djidja.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 CADRE DE RECHERCHE

Le cadre géographique de cette recherche a été la commune de Djidja, la plus vaste des neufs (09) communes du département du Zou. Située entre 7° 10' et 7° 40' de latitude nord, 1° 40' et 2° 10' de longitude ouest, cette commune couvre 41,66% de la superficie totale du département. D'une superficie totale de 2184 km², elle jouit d'un climat de type subéquatorial tendant vers le soudano-guinéen dans les parties septentrionales [12]. Cette commune dispose d'une variété de types de sols (ferrallitiques, ferrugineux tropicaux, vertisols, hydromorphes) et de plaines inondables [13]. La commune est drainée par 145 km de cours d'eau dont le Zou et le Couffo sont les plus importants. La végétation est composée de plusieurs formations (palmeraies, savane arbustive, savane arborée, îlots forestiers, galeries). La commune de Djidja fait partie de la zone cotonnière du Centre du Bénin. Cette zone est dominée par les céréales, les tubercules et les légumineuses. La population s'investit à 80% dans les activités agricoles.

2.2 METHODES

2.2.1 PROTOCOLE DE PRELEVEMENT DES TUBERCULES DE MANIOC

Le protocole de prélèvement des tubercules a suivi celui préconisé par Godar [14]. Il a été choisi de rechercher des productions locales de tubercules. Le prélèvement a été réalisé de manière à couvrir de façon relativement homogène la parcelle et a concerné les tubercules de manioc arrivés à maturité. Les tubercules ont été arrachés au pied. La partie supérieure a été découpée et les tubercules ont été nettoyés (les racines et la terre absorbée ont été enlevées). Le pédicule est découpé de façon à conserver un pseudo cône correspondant à la portion centrale du tubercule et un poids de 500 g a été retenu. L'échantillon final destiné au laboratoire a été emballé dans du papier aluminium et dans un sac hermétique de 1 kg de congélation puis codé. L'échantillon est mis dans une glacière et les fiches d'identification ont été remplies. L'échantillon est conservé au frais à 4 °C au laboratoire jusqu'à leurs analyses.

2.2.2 RÉACTIFS ET SOLVANTS

Tous les produits chimiques utilisés sont de qualité analytique. Les solvants d'une pureté de qualité de résidus ainsi que l'acétone, le dichlorométhane, l'hexane, le cyclohexane et le sulfate de sodium anhydre ont été obtenus auprès de Merck Co (Darmstadt, Allemagne). L'eau utilisée est de l'eau distillée sans détergent. Une solution standard stock (entre 75 et 550 µg/mL) a été préparée par pesée exacte et la dissolution a été effectuée dans l'acétone et stockée dans un congélateur à -30 °C sans exposition à la lumière. Les solutions étalons de travail (5 µg/mL) ont été préparées par dilution appropriée de la solution standard stock avec le cyclohexane et conservées dans un réfrigérateur (4 °C).

2.2.3 EXTRACTION

Un échantillon de 200 g de tubercules de manioc a été haché et homogénéisé et 15 g de l'aliquote ont été pesés dans un verre et mélangés avec 50 mL de dichlorométhane dans une centrifugeuse pendant 2 minutes. Une quantité de 50 g de sulfate de sodium anhydre a été ajoutée au mélange et remise dans une centrifugeuse pendant 1 minute. Le mélange a été laissé reposer pendant 2 minutes, puis filtré à travers un entonnoir Büchner de 9 cm et filtré à nouveau à travers un filtre en papier (Wattman) et du sulfate de sodium anhydre. Les solvants ont été évaporés à sec dans un évaporateur rotatif (35-40 °C). Le résidu séché a été repris et on y a ajouté 5 mL de cyclohexane. Dans une fiole jaugée de 2 mL contenant 50 µL de solution étalon interne de 20 mg/L, on a ajouté 1 mL de cette solution pour atteindre la finale de 2 mL en volume de cyclohexane.

2.2.4 ANALYSE DES PESTICIDES

La détermination des pesticides a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse. Un spectromètre de masse à haute résolution DSQII Thermo a été utilisé. Le chromatographe utilisé pour l'analyse est un chromatographe en phase gazeuse Thermo Scientific équipé d'un injecteur split/splitless et une température contrôlée Interface GC-MS. Un passeur d'échantillon AS 3000 a été utilisé. Une quantité de 10 µL d'aliquotes a été injectée dans le chromatographe en phase gazeuse (CPG) d'exploitation à l'aide d'une seringue avec un débit d'injection de 20 µL. La température initiale d'injection au niveau de l'injecteur a été maintenue à 70 °C pendant 5 minutes, puis augmentée et maintenue pendant 10 minutes à 310 °C, puis à 100 °C/minute. La température de la colonne au niveau du four a été maintenue à 70 °C pendant 4 minutes, puis augmentée jusqu'à 150 °C et à 50 °C/minute, ensuite à 235 °C et à 3 °C/minute, et enfin maintenue pendant 3 minutes à 300 °C et à 50 °C/minute. On a fait fonctionner le spectromètre de masse et les différentes pompes à vide afin d'atteindre un niveau de "Vacuum" stable pour l'injection. Les températures, ligne de transfert et le débit du gaz (Hélium) ont été réglés. L'analyse a été effectuée avec un retard de filament multiplicateur de 5 minutes pour éviter le choc au niveau du filament d'ionisation. Les différentes valeurs présentées pour chaque site correspondent aux valeurs moyennes calculées à partir des données enregistrées dans les deux essais de détermination des pesticides. Toutes les données ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) et les moyennes des concentrations en pesticides décelées ont été séparées par le test de Student $p(T > t) = 0,05$.

3 RESULTATS

Les analyses ont montré la présence des molécules de pesticides recherchées dans les tubercules de manioc prélevés dans la commune (Figures 1, 2 et 3).

La Figure 1 indique que les concentrations moyennes en glyphosate dans les échantillons de tubercules de manioc prélevés à Zakan Kossossa sont de 0,157 µg/kg (échantillon 1), de 0,156 µg/kg (échantillon 2) et de 0,146 µg/kg (échantillon 3) et celles du profénofos sont de 0,123 µg/kg (échantillon 1), de 0,125 µg/kg (échantillon 2) et de 0,117 µg/kg (échantillon 3). Les teneurs moyennes en acétamipride sont respectivement de 0,132 µg/kg (échantillon 1), de 0,095 µg/kg (échantillon 2) et de 0,137 µg/kg (échantillon 3). La cyperméthrine a été décelée à des concentrations moyennes qui sont de 0,149 µg/kg (échantillon 1), de 0,138 µg/kg (échantillon 2) et de 0,143 µg/kg (échantillon 3).

Dans les échantillons prélevés à Fonkpodji (Figure 2), le glyphosate a été détecté à des concentrations moyennes qui sont de 0,149 µg/kg (échantillon 1), de 0,151 µg/kg (échantillon 2) et de 0,134 µg/kg (échantillon 3). Les teneurs moyennes en profénofos retrouvées sont de 0,121 µg/kg (échantillon 1), de 0,128 µg/kg (échantillon 2) et de 0,123 µg/kg (échantillon 3). Celles de l'acétamipride sont de 0,097 µg/kg (échantillon 1), de 0,139 µg/kg (échantillon 2) et de 0,151 µg/kg (échantillon 3). Les concentrations moyennes en cyperméthrine sont de 0,151 µg/kg (échantillon 1), de 0,153 µg/kg (échantillon 2) et de 0,139 µg/kg (échantillon 3).

Les échantillons prélevés à Aklimè (Figure 3) ont révélé des concentrations moyennes en glyphosate qui sont de 0,142 µg/kg (échantillon 1), de 0,153 µg/kg (échantillon 2) et de 0,151 µg/kg (échantillon 3) et en profénofos qui sont de 0,119 µg/kg (échantillon 1), de 0,126 µg/kg (échantillon 2) et de 0,115 (échantillon 3). Les teneurs moyennes en acétamipride décelées sont de 0,129 µg/kg (échantillon 1), de 0,127 µg (échantillon 2) et de 0,145 µg/kg (échantillon 3) et celles en cyperméthrine sont de 0,133 µg/kg (échantillon 1), de 0,147 µg/kg (échantillon 2) et de 0,145 µg/kg (échantillon 3).

Ces résultats mettent en évidence que cette série d'échantillons de tubercules de manioc prélevés dans les champs de coton et analysés présentent une contamination par ces matières actives et traduit leur présence relative dans les différents échantillons. L'analyse de variance appliquée aux fréquences absolues des pesticides décelés au niveau des échantillons des trois (03) sites révèle qu'il y a une différence très hautement significative ($p = 0,001$ pour le site de Zakan Kossossa ; $p = 0,000$ pour le site de Fonkpodji et $p = 0,000$ pour le site d'Aklimè).

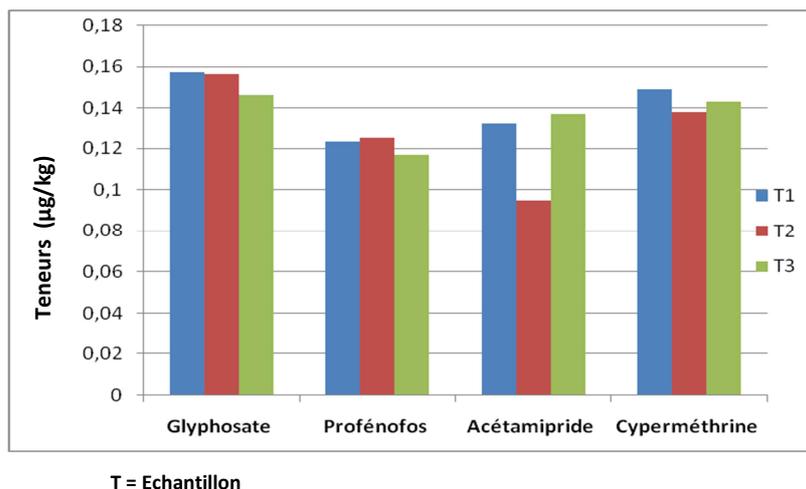


Figure 1 : Teneurs en résidus de pesticides dans les maniocs à Zakan Kossossa

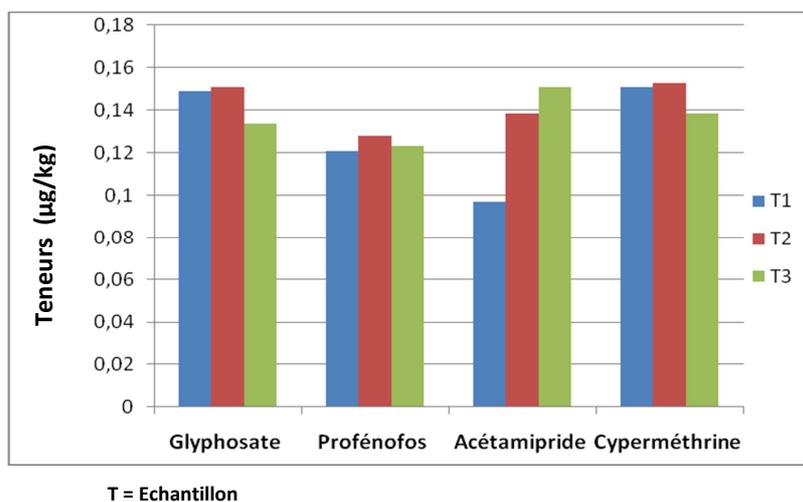


Figure 2 : Teneurs en résidus de pesticides dans les maniocs à Fonkpodji

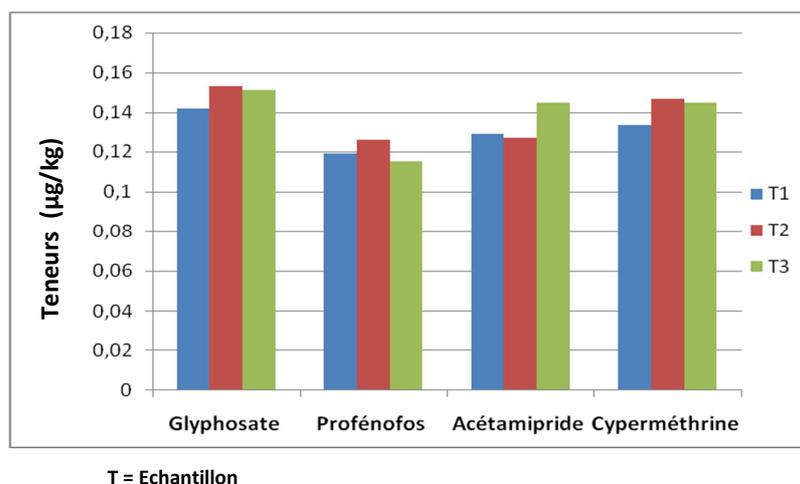


Figure 3 : Teneurs en résidus de pesticides dans les maniocs à Aklinmè

4 DISCUSSION

Globalement, peu de problèmes ont été constatés au cours de cette campagne menée sur les tubercules de manioc dans la commune puisque ceux analysés présentent peu de concentration moyennes de pesticides recherchés. Toutes les valeurs décelées dans l'ensemble des échantillons sont inférieures aux limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale fixés en Europe [15] qui est de 0,01 mg/kg et sont aussi inférieures à celles fixées au Canada (0,01 mg/kg) [16]. Les résultats présentés dans la littérature tendent à montrer que le prélèvement par la plante est conditionné par la disponibilité des résidus (concentration dans le sol et positionnement par rapport aux racines) par la solubilité dans l'eau et les constituants lipidiques racinaires (Kow) et par les paramètres qui définissent l'activité biologique de la plante tels que la capacité d'absorption, la température et l'humidité [17 ; 18]. Certains travaux montrent que les résidus liés peuvent contribuer à l'alimentation en pesticides de la plante [19 ; 20]. La contamination des tubercules se fait essentiellement par diffusion lors du contact avec le sol, la voie systémique restant marginale [21]. Ce transfert sol – plante dépend principalement des propriétés physico – chimiques des pesticides, en particulier sa lipophilie, et de la composition du sol et de ses propriétés physico – chimiques [22]. L'utilisation fréquente et en quantité de ces pesticides et une absorption racinaire importante pourraient expliquer les concentrations retrouvées. Les résultats de ce travail sont conformes à ceux rapportés par certains auteurs [23 ; 24] qui ont montré la contamination des feuilles de niébé par les pesticides organochlorés à Dridji (Dan) et à ceux signalés par d'autres [10 ; 11] qui ont prouvé que les pesticides sont présents dans nombreux produits agricoles sur le territoire national. Il est inquiétant de continuer d'observer une augmentation progressive du nombre de substances actives utilisées.

5 CONCLUSION

Dans l'ensemble, les résultats de l'analyse des pesticides dans les tubercules de manioc prélevés sur les différents sites mettent en évidence la présence relative des molécules recherchées dans les différents échantillons. Les niveaux de concentrations moyennes par matière active détectée dans les tubercules sont beaucoup moins élevés que les limites maximales définies en Europe et au Canada. Le risque encouru par le consommateur de ces tubercules de manioc reste très faible. Mais, il est difficile de prédire les effets cumulés et synergiques des micros quantités de ces pesticides présents dans l'environnement. Des séances de sensibilisation sur les bonnes pratiques agricoles (BPA) doivent être organisées à l'intention des producteurs afin de limiter au mieux la contamination des denrées alimentaires par les pesticides dans cette commune.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement le laboratoire IRJIB- AFRICA pour son accompagnement technique et aussi les Professeurs Christophe S. HOUSSOU et Patrick A. EDORH pour les suggestions et conseils.

REFERENCES

- [1] MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche), Analyse de l'insécurité alimentaire et des inégalités d'accès à l'alimentation au Bénin, Rapport, 27 p, 2010.
- [2] MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche), Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin. Orientations stratégiques et Plan d'action, 70 p, 2008.
- [3] PAM (Programme Alimentaire Mondial), Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA), République du Bénin, 144 p, 2014.
- [4] ACED (Action pour l'Environnement et le Développement Durable), Agriculture et Sécurité alimentaire au Bénin, 3 p, 2015.
- [5] FIDA (Fonds International pour le Développement Agricole), Programme de développement de la culture des racines et tubercules, République du Bénin, 154 p, 2010.
- [6] Biaoou, G., Monhouanou, J. et Ahanchédé, A. Evaluation interne globale des performances et des résultats du Programme de Développement des plantes à Racines et Tubercules (PDRT). Vol.1, 128 p, 2006.
- [7] Adjanohou, A. et Allagbé, M., Pour une meilleure production du manioc au sud et au centre du Bénin, MAEP/INRAB, Bénin, 11 p, 2011.
- [8] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), Pourquoi le manioc ? 2 p, 2008.
- [9] CCI (Centre de Commerce International), Stratégie sectorielle de développement et de promotion des exportations et plan d'action marketing export du secteur manioc, Bénin, 34 p, 2004.
- [10] Kaske, R., Recensement des résidus de pesticides au Bénin : Exploitation et interprétation des résultats. Rapport de mission, CDD, Bénin 24 p, 1992.
- [11] Saïzonou, S., Campagne de détermination de résidus laissés par les produits phytopharmaceutiques dans les végétaux et produits végétaux. Rapport de mission, Cotonou, Bénin, 30 p, 1999.
- [12] Akomagni, L. A., Monographie de la commune de Djidja. Programme D'Appui au Démarrage des Communes, Afrique Conseil, 44 p, 2006.
- [13] SDS (Schéma de Développement Sectoriel), Document de synthèse, Diagnostique, Vision et Planification de projet sur 2004 – 2008 du secteur de l'agriculture, de l'élevage et de l'exploitation des ressources naturelles dans la commune de Djidja, PADeCOM/ Zou, 159 p, 2004.
- [14] Godar, E., Protocole de prélèvement des sols et tubercules, 2 p, 2002.
- [15] Règlement (CE) n°396/2005 du Parlement européen et du Conseil du 23 Février contenant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale et modifiant la Directive 91/414/ CEE du Conseil. Paru dans le Journal officiel de l'Union Européenne du 16/03/2005, 16 p, 2005.
- [16] Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire, Sécurité des produits de consommation, Santé Canada, 10 p, 2013.
- [17] I. Sheunert, and H. Parlar, "Fate of pesticides in plant and in soil fauna", In: Terrestrial behavior of pesticides, Springer-Verlag ED, pp. 77-103, 1992.
- [18] R. Schroll, T. Langenbach, G. Cao, V. Doifler, P. Schneider and I. Scheunert, "Fate of [¹⁴C] terbutylazine in soil plant systems", *Science of the Total Environment*, vol. 123/124, pp. 377-389, 1992.
- [19] R. Kloskowski, F. Führ and W. Mittelstaedt, "Availability of bound anilazine residues in a degraded loess soil", *J. Environ. Sci. Health*, vol. 6, pp. 487 -505, 1992.
- [20] J. Dec, K. Haider, V. Rangaswamy, A. Schäffer, E. Fernandez, and J. M. Bollag, "Formation of soil-bound residues of cyprodinil and their plant uptake", *J. Agric. Food chem.*, vol. 45, pp. 514-520, 1997.
- [21] Cabidoche, Y., Clermont-Dauphin, C., Lafont, A., Sansulet, J., Cattan, P., Achard, R., Caron, A., et Chabrier, C., Stokage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture. Rapport final, programme Pesticides (APR 2002), 99 p, 2006.
- [22] Letondor, L., Etude des mécanismes histologiques et physiologiques du transfert de la chlordécone (insecticide organochloré) dans les végétaux, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, 158 p, 2014.
- [23] OBEPAB (Organisation Béninoise pour la Promotion de l'Agriculture Biologique), Identification des problèmes sanitaires et environnementaux liés aux POPs au Bénin, Rapport, 42 p, 2006.
- [24] E. Pazou, L. C. Glin, D. S. Vodouhè, J. Fanou, A. P. Babadankpodji, S. Dassou, S. Vodouhè, B. Van Hattum, K. Swart and C. A. M. Van Gestel, "Pesticide contamination of the Dridji cotton plantation area in the Republic of Benin", *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 14, no. 3, pp. 8885-8902, 2014.