

# Impact des polluants organiques persistants sur l'environnement au niveau d'Ain Cheggag, Région Fès-Boulemane (Maroc)

## *Impact of Persistent Organic Pollutants on the environment at Ain Chaggag, Fes-Boulemane Region (Morocco)*

Saâdia BOUHBOUH<sup>1</sup>, Mohammed LACHKAR<sup>2</sup>, Houria NEKHLA<sup>1</sup>

1. Laboratoire de Biotechnologie et Préservation des Ressources Naturelles Faculté des Sciences, BP 1796 Atlas-Fès, Maroc

2. Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organométalliques et Moléculaires Faculté des Sciences, BP 1796 Atlas-Fès, Maroc

**Résumé.** Afin de déterminer l'impact des polluants organiques persistants contenus dans des pesticides stockés au niveau de la cité d'accueil agricole d'Ain Cheggag, une méthodologie allant de la collecte des échantillons du sol, jusqu'à leurs analyses au laboratoire a été développée. Les résultats obtenus par extraction au Soxhlet et par macération ont montré une différence de rendement entre les deux méthodes utilisées. En effet, le rendement obtenu à partir de l'extraction par Soxhlet est de 1,437% alors que celui obtenu à partir de l'extraction par macération est de 0,526%. L'analyse par chromatographie en phase liquide et chromatographie en phase gazeuse a mis en évidence une contamination du sol prélevé du site d'étude par des polluants volatils : le diclofop-méthyle et non volatils ; le glyphosate, le diméthoate, le méthidation et le penconazole, constituant ainsi un danger pour l'environnement et la santé humaine.

**Mots Clés:** Polluants organiques persistants, sol, extraction et contamination.

**Abstract.** In order to determine the impact of the organic pollutants in the pesticides in the agricultural area of «Ain Cheggag», an analysis of soil has been done in the laboratory. The results given by extraction by Soxhlet and maceration showed a difference of productivity in the two methods that were used. The one used by Soxhlet is 1.435% whereas the one used by maceration is 0.526%. The analysis by liquid chromatography and gas chromatography revealed a contamination of the soil taken from the study site by volatile pollutants; diclofop-methyl and non-volatile; glyphosate, dimethoate, methidation and penconazole, thus resulting a serious threat to the environment and health.

**Keywords:** Persistent organic pollutants, soil, extraction and contamination.

### Abridged English version

Since many years, the inhabitants of Ain Cheguag (situated 25 km from Fez, Morocco) are suffering from toxic fumes coming from a storage place where pesticides are stored since 1970. This area is full of inhabitants. This warehouse is in bad condition. Rain penetrates it and contaminates its surrounding soil and the underground water as well. Therefore, we carried out soil sampling near the deposit to study the impact of persistent organic pollutants. The soil was sampled by the grid method and stored in sterile glass vials of 500g capacity. In the laboratory, the analysis of organic compounds in the soil was carried out by two extraction methods; Soxhlet and maceration for comparison. The results of the extraction of

the soil studied showed that the results values obtained by Soxhlet (1,437%) are greater than that obtained by maceration (0,526%). HPLC and GC analyzes showed that soil collected is contaminated with volatile pollutants; diclofop-methyl and non-volatile; dimethoate, methidation, penconazole and Glyphosate. The presence of these adsorbing pollutants on the soil is probably due to their leaching since the obsolete pesticides were deposited to the surrounding soil. This infiltration or penetration can lead to groundwater pollution, flora degradation, and wildlife and soil infertilization. Indeed, Persistent Organic Pollutants (POPs) are toxic substances that have a long life span in different ecosystems and can be transported over long distances.

### INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les habitants de la ville d'Ain Cheggag souffrent de vapeurs toxiques émanant d'un entrepôt où sont stockés des pesticides depuis les années 70. En effet, presque 2100 litres de pesticides périmés sont entreposés au centre des travaux agricoles installé aux abords d'un quartier résidentiel. Les pesticides sont stockés dans des futs et des bidons en tôle rouillés et perforés, des sacs en papier et des sacs en plastique qui sont dans un état dégradé laissant dégager un produit d'où émane une odeur insoutenable qui prend à la gorge et empêche de respirer. De plus, le toit du dépôt est dans un état vétuste permettant la pénétration des eaux pluviales, ce qui risque de contaminer les eaux souterraines et le sol avoisinant. Les Polluants Organiques Persistants (POP) sont des substances toxiques ayant une longue durée de vie et peuvent être transportées sur de longues distances via les

ruissellements et les infiltrations. Ce travail porte sur l'étude de l'impact de polluants organiques persistants au niveau du sol avoisinant le milieu de stockage des pesticides.

### MILIEU D'ETUDE

La cité d'accueil agricole se trouve près du dépôt où ont été stockés des pesticides depuis les années 70, elle est localisée dans le village d'Ain Cheggag (عين شكاك), qui est établie dans la plaine du Saïs, au pied du massif du Kandar à 650 m d'altitude. Elle est située dans la Région de Fès-Boulemane à 25Km au Sud de la ville de Fès. Ain Cheggag présente un climat tempéré chaud avec des pluies importantes en hiver avec une moyenne annuelle de 526 mm et une température annuelle moyenne de 16,8°C. D'après le diagramme climatique, le mois de juillet est le plus sec avec 2 mm de pluie et le mois de décembre a le plus haut taux de précipitations avec une moyenne de 73 mm.

## MATERIEL ET METHODES

### Echantillonnage

Les prélèvements du sol ont été réalisés en Mai 2015, au niveau de la cité d'accueil agricole à Ain Cheggag à quelques mètres du mur de dépôt des pesticides périmés, par la méthode de quadrillage (30 cm<sup>2</sup>, 30 cm de profondeur). Après le tri des graviers de grands volumes et de matériaux biologiques (racine, résidus d'herbe), les échantillons du sol ont été conservés dans des flacons en verre stériles de capacité 500g. Au laboratoire, les échantillons ont été séchés dans l'étuve à 40°C pendant 72 h jusqu'à l'obtention d'un poids constant, puis tamisés à l'aide d'un tamis de 0,4 mm de maille.

### Extraction de sol

Pour l'analyse des composés organiques contenus dans le sol, deux méthodes d'extraction ont été adoptées ; l'extraction à l'aide d'un Soxhlet et la macération afin de comparer leur rendement (R), ce dernier a été calculé par la formule suivante :

$$R \% = [PA / PB] \times 100$$

R : Rendement de l'huile en %.

PA : poids de l'extrait en g.

PB : poids du sol en g.

#### Extraction par macération

500g de poudre de sol ont été mélangés avec 900 mL d'hexane, ce dernier est communément utilisé pour extraire les pesticides organochlorés des échantillons de sol (Hatrick & Tekel 1996). Après agitation pendant 24h, le mélange est filtré sur papier Wattman. Le filtrat a été débarrassé du solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif et l'extrait a été conservé dans des tubes eppendorf de 10 ml.

#### Extraction par Soxhlet

137g de poudre de sol ont été mis dans du papier filtre puis déposée dans un Soxhlet, le solvant d'extraction utilisé est l'hexane (700 ml). Après 24h, les composés solubilisés ont été concentrés par évaporateur rotatif et mis dans des tubes eppendorf à raison de 10 ml par tube.

### Analyse des échantillons par chromatographie en phase liquide (HPLC)

Afin d'identifier les différents composés organiques semi-volatils et non volatils contenus dans l'extrait du sol, nous avons utilisé la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) qui est la méthode la plus utilisée pour l'analyse des pesticides (Hercegovà 2007 & Kovalczuk 2006). L'appareil de Chromatographie Liquide à Haute Performance (HPLC) utilisé est de marque SHIMADZU proéminence équipé d'un détecteur UV-Vis, une colonne JEMINI 5 µm C18 100 Å avec les dimensions 150×4,6 mm, un dégazeur et un injecteur manuel de type ryodine.

### Analyse des échantillons par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

L'identification des composés volatils au niveau de l'extrait du sol a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (CPG) au centre d'analyse de la cité de l'innovation de Fès. La colonne utilisée est capillaire apolaire en silice de type (WcotFusedSilica), avec une phase stationnaire (CP-SIL5CB), 50 m de longueur, la température de la colonne est programmée

de 40 à 280°C à raison de 3°C/min. La température de l'injecteur est fixée à 240°C et celle du détecteur (MS quadripole) est de 200°C. Le débit du gaz vecteur (Hélium) est fixé à 1 mL/min.

## RESULTATS

### Détermination des composés organiques

#### Analyse quantitative

Les Figures 1 et 2 représentent les chromatogrammes HPLC des échantillons obtenus par extraction suivant les deux méthodes macération et Soxhlet. Ces figures montrent que nous avons presque les mêmes pics pour les deux chromatogrammes, cela prouve qu'il s'agit du même produit pour les deux techniques mais, la concentration des produits obtenus par Soxhlet est plus élevée que celle obtenue par macération. La même constatation a été faite au niveau des chromatogrammes de CPG (Figures 3 et 4) où l'aire des pics des composés obtenus par Soxhlet est supérieure à celle des pics obtenus par macération. Les résultats obtenus par extraction ont montré une différence de rendement entre les méthodes pratiquées. Effectivement, le rendement obtenu à partir de l'extraction par Soxhlet est de 1,437% alors que celui obtenu par macération est de 0,526%. Cette différence entre les rendements est due probablement au processus d'extraction. En effet, durant l'extraction par Soxhlet il y a eu une extraction totale des composés chimiques qui se trouvent dans le sol. Ces résultats prouvent que la méthode de Soxhlet permet une meilleure extraction par rapport à la méthode de macération.

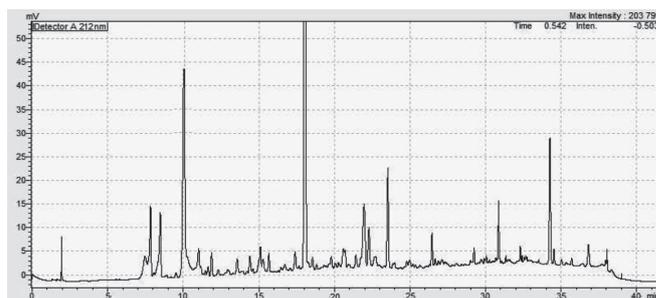


Figure 1. Chromatogramme HPLC-UV de l'extrait de sol obtenu par macération.

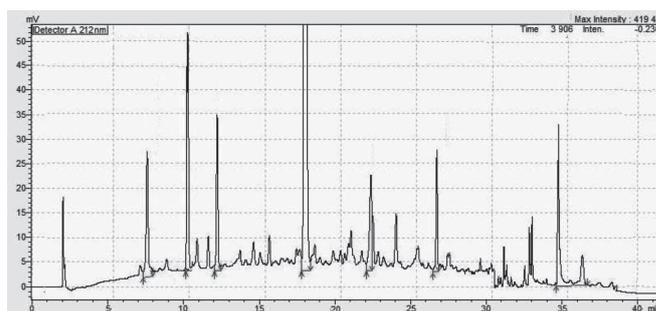


Figure 2. Chromatogramme HPLC-UV de l'extrait de sol obtenu par Soxhlet.

#### Analyse qualitative

Les composés non volatils

Vue l'impossibilité de l'utilisation de la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse, nous avons identifié les composés organiques contenus dans le sol suivant leur temps de rétention, qui est le temps écoulé entre l'injection et le maximum du pic du composé élué (exprimé en min). Le temps de rétention varie en fonction du débit, de la température

d'éluion et de la composition de la phase mobile (CEAEQ, 2015). En se basant sur les travaux d'Ali *et al.* (2005) et selon le temps de rétention observé dans les deux chromatogrammes des analyses de l'échantillon du sol par HPLC (Figures 1 et 2), on peut conclure que les pics apparus vers 10, 28,5 et 35 min correspondent respectivement aux diméthoate, méthidation et penconazole. D'après les travaux d'Eduardo *et al.* (2014), le pic situé vers 7,5 min correspond au Glyphosate.

Les composés volatils

Afin d'identifier les composés volatils du sol illustrés dans les deux chromatogrammes des Figures 3 et 4, nous nous sommes basés sur le temps de rétention et les travaux de Liu *et al.* (1991). Ainsi nous avons pu identifier le diclofop-méthyl vers 28,75 min. Nous avons également noté la présence de certains pics dans les deux chromatogrammes comme les pics à 4,68 et 28,75. Ces derniers restent non identifiables en l'absence de couplage de chromatographie en phase gazeuse avec la spectrométrie de masse et aussi en absence de références bibliographiques.

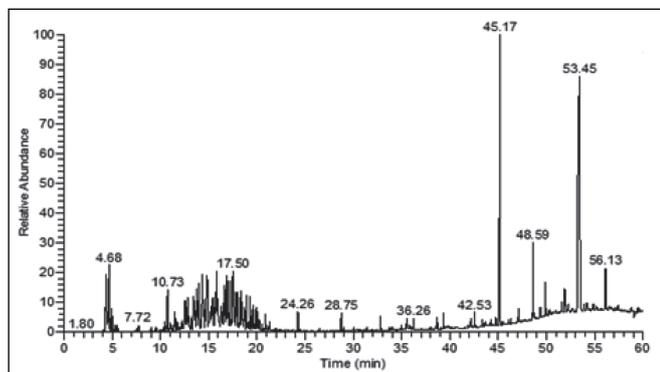


Figure 3. Chromatogramme CPG de l'extrait de sol obtenu par macération.

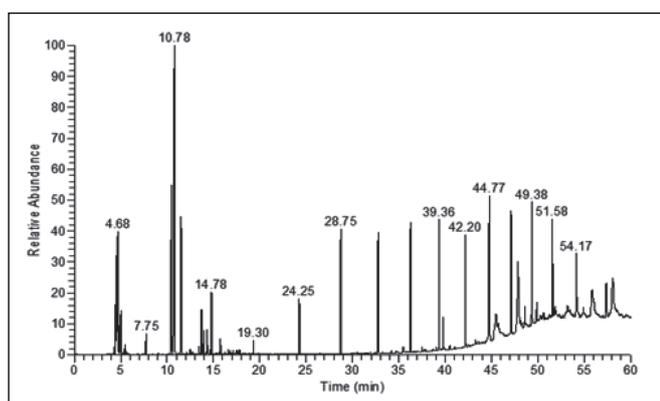


Figure 4. Chromatogramme CPG de l'extrait de sol obtenu par Soxhlet.

## DISCUSSION

Cette étude menée au niveau d'Ain Cheggag a révélé que le sol du centre des travaux agricoles est contaminé par des polluants organiques persistants volatils et non-volatils. Le polluant volatil présent dans le sol étudié est le diclofop-méthyl, qui est un anti-graminée. Il agit essentiellement par voie foliaire. Il est le plus enclin à passer à l'état gazeux et peut être disséminé par le vent. Il peut alors polluer l'air et le sol, parfois loin du lieu où il a été appliqué. Ce polluant peut nuire à la vie des végétaux et des animaux, terrestres ou marins (Yang *et al.* 2011).

Les polluants non-volatils identifiés au niveau du sol sont au nombre de quatre :

- Le glyphosate est un herbicide systémique largement utilisé pour enrayer les mauvaises herbes annuelles et vivaces, la popularité grandissante de son utilisation est attribuable à sa rapidité d'infiltration, de déplacement à l'intérieur de la plante, sa grande solubilité dans l'eau. Depuis plusieurs années, on avait attribué au glyphosate sa faible persistance dans le sol, mais d'après les travaux de Mamy *et al.* (2010), l'accumulation dans le sol d'un métabolite du glyphosate (acide aminométhylphosphonique) remet en question la durabilité du glyphosate dans le sol.
- Le diméthoate est un composé organophosphoré (Smith 1977), insecticide utilisé pour lutter contre les pucerons, la mouche domestique et d'autres insectes et acariens qui ravagent les fruits et les légumes. Le diméthoate est toxique pour la faune terrestre (Esko 1996, Faraget *et al.* 2007).
- Le méthidation est un insecticide organophosphoré non-systémique enregistré pour le contrôle d'un large éventail d'acariens et d'insectes nuisibles pour les cultures agricoles alimentaires terrestres. Dans des conditions alcalines, il est rapidement dégradé par l'action chimique, le méthidathion et ses produits de dégradation sont mal tenus par les sols, et peuvent donc être mobile (Wauchope *et al.* 1992).
- Le penconazole est une substance chimique appartenant à la famille des triazoles. C'est un fongicide systémique présentant une action curative et préventive, et agissant par inhibition de la synthèse de l'ergostérol. Le penconazole n'est pas dégradé à un pH compris entre 4 et 9 à 25°C et 50°C. La substance n'est donc pas hydrolysable et non photolysable. Il a une forte affinité pour le sol ce qui permet son adsorption (EFSA 2008, Singh 2005).

La présence de polluants non volatils périmés dans le sol étudié est probablement due au lessivage de ces polluants depuis le dépôt des pesticides périmés vers le sol environnant. La mobilité des polluants dans le sol est directement liée à leurs caractéristiques de rétention (Barriuso 1996). Cette mobilité peut avoir comme impact, la pollution des eaux de surface et souterraines, la dégradation de la flore, de la faune et l'infertilisation du sol. De nombreux travaux effectués au Maroc sur la mobilité des polluants organiques ont montré que les pesticides étaient responsables de la dégradation de la qualité des eaux. En effet, l'usage excessif et non-raisonnable des pesticides dans l'agriculture est un facteur de pollution principal des eaux de surfaces comme il a été rapporté par plusieurs auteurs (Fathi 1995, Sage *et al.* 1997, Azzaoui *et al.* 2002). Une étude réalisée par El Ouali Alami *et al.* en 2011 a montré que les eaux de surface de la ville de Fès au Maroc présentent une pollution chimique plus au moins importante, d'origine agricole, industrielle et domestique. Des travaux réalisés au niveau des retenues de barrage marocains, ont montré un phénomène d'eutrophisation dû à l'apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux de surface. En effet, les précipitations provoquent le lessivage et l'érosion des sols des bassins versant constituant ainsi une source d'approvisionnement des réservoirs en éléments nutritifs (Azote et phosphate) (Alaoui Mhamdi *et al.* 1996, Bouhaddioui 1997, Bahhou 2001, Bouchelta 2002; Bahhou *et al.* 2003 et Bouchelta *et al.* 2004). De même, la pollution des sols par les polluants organiques peut influencer directement le régime des eaux souterraines. C'est un phénomène constaté par exemple au niveau des nappes phréatiques du Gharb et du plateau de Meknès (Bouderka *et al.* 2016, Tabyaoui *et al.* 2004).

En Ile de France, l'altération des nappes d'eau par les nitrates est déterminante : aucune des eaux superficielles n'est considérée comme bonne et plus de la moitié est classée médiocre à mauvaise à cause de cet élément (Aubertot *et al.* 2005). Au Togo, une étude menée dans la ville de Lomé par Edoh (1991) a montré que les pesticides étaient présents dans les eaux de robinet et de puits servant pour la boisson et/ou l'arrosage des cultures maraîchères avec des niveaux de résidus polluants 43 fois supérieurs à ceux admis par les normes de l'Union Européenne et de l'OMS (EU 1998, WHO 1998). Nwankwoala & Osibanjo (1992) ont décelé des résidus de pesticides organochlorés dans les eaux superficielles d'Ibadan au Nigeria à des concentrations variées. De même, que les résidus des pesticides ont été trouvés dans les eaux de la nappe phréatique dans la zone des Niayes à Dakar au Sénégal (Cissé *et al.* 2003). Au Kenya, les concentrations moyennes résiduelles de DDT, DDD, DDE, lindane, heptachlore et aldrine dans les eaux du lac Nakuru ont dépassé les normes de l'OMS (Mavura & Wangila 2004). Les mêmes constatations ont été faites par (Mwevura *et al.* 2002) au niveau de la zone côtière de Dar es Salaam en Tanzanie. D'une manière générale, les eaux intérieures de l'Afrique au sud du Sahara sont contaminées par les polluants organiques persistants (Cissé *et al.* 2003).

La pénétration des pesticides dans l'organisme des populations par inhalation peut provoquer deux types de sensibilisation allergique cutanée et respiratoire. Les symptômes d'une sensibilisation cutanée se manifestent notamment par une tuméfaction, de la rougeur, des démangeaisons, de la douleur et la formation de vésicules (Spiewak 2001). La sensibilisation respiratoire peut comprendre les symptômes comme la respiration sifflante, difficulté à respirer, serrement de poitrine, toux et essoufflement. Dans certains cas, la sensibilisation respiratoire peut produire une crise d'asthme grave (Cherin *et al.* 2012).

## CONCLUSION

Afin d'évaluer la présence de polluants organiques persistants au niveau du sol de la cité agricole d'Ain Cheggag, nous avons adopté deux méthodes d'extraction (macération et Soxhlet) et l'analyse par CPG et HPLC.

Les résultats de l'extraction du sol étudié ont montré que le rendement obtenu par Soxhlet est plus important que celui obtenu par macération. Les analyses par HPLC et CPG ont montré que l'échantillon de sol prélevé au niveau du site d'étude est contaminé par des polluants volatils : le diclofop-méthyle et non volatils : le diméthoate, le méthidation, le penconazole et le Glyphosate. La présence des polluants au niveau du sol avoisinant le dépôt des pesticides périmés est probablement dû au lessivage des polluants depuis le dépôt des pesticides périmés vers le sol environnant.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement le Directeur du Centre Universitaire Régional d'Interface (C.U.R.I.) de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, de nous avoir accueillis au centre pour l'analyse et l'identification des polluants par CPG.

## REFERENCES

Alaoui Mhamdi M., Aleya L. & Bahhou J. 1996. Nitrogen compounds phosphate of the Driss I reservoir (Morocco): in put, out put and sedimentation. *Hydrobiologia*; 335, 75-82.

- Ali, Awadh N.A., Lemme D. *et al.* 2005. Determination of pesticide residues in khat leaves by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 3, 1, 1-10.
- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A. *et al.* 2005. *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*. INRA-Cemagref. Rapport d'Expertise scientifique collective, 68 p.
- Azzaoui S., El Hanbali M. & Leblanc M. 2002. Copper, lead, iron and manganese in the Sebou drainage basin; sources and impact on surface water quality. *Water Quality Research Journal of Canada*, 37, 4, 773-784.
- Bahhou J., Bouhaddioui A., Bouhbouh S. *et al.* 2003. Evaluation de l'état trophique de deux réservoirs du complexe Matmata, Fès (Maroc). *Journal de Recherche océanographique*, 28, 140-143.
- Bahhou J. 2001. *Dynamique et métabolisme du peuplement phytoplanctonique au niveau du réservoir Idris premier (Maroc)*. Thèse Doctorat d'Etat. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, 205 p.
- Barriuso E., Calvet R., Schiavon M. & Soulas G. 1996. Les pesticides et les polluants organiques des sols, transformation et dissipation. Forum « le sol, un patrimoine menacé ? » Paris 1996 numéro spécial.
- Bouchelta Y., Alaoui Mhamdi M., Bouhbouh S. *et al.* 2004. Bilan et fractionnement chimique du phosphore sédimentaire du réservoir Allal El Fassi (Maroc). *J.Catal. mat. env, volume III 2004*, p 63-65.
- Bouchelta Y. 2002. *Phosphore particulaire : apports, exports, sédimentation, spéciation et assimilation par les algues planctoniques du réservoir Allal El Fassi (Maroc)*. Thèse Nationale, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, FSDM Fès Maroc, 205 p.
- Bouderka N., Souid A. K., Lakhili F. *et al.* 2016. Evaluation de l'impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines de la nappe du Gharb. *European Scientific Journal (ESJ)*, 12, 11 ISSN: 1857-7881.
- Bouhaddioui, A. 1997. *Bilans biogéochimiques de l'azote et du phosphore et dynamiques des populations phytoplanctoniques de la retenue du barrage Allal El Fassi*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Faculté des Sciences et Techniques, Fès Maroc, 188 p.
- CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec) 2009. Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie, CEAEQ (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec). Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie, DR-12-VMC, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 2015, 30p.
- Cissé I., Tandia A. A., Fall S. T. *et al.* 2003. Usage incontrôlé des pesticides en agriculture urbaine et périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agriculture*, 12, 181-186.
- Edoh K. 1991. *Etude des conditions de réutilisation du Florisil pour la purification des extraits lors du dosage des pesticides dans l'eau et les denrées alimentaires*. Mémoire du Diplôme Universitaire de Technologie DUT - Université de Lomé 56p.
- Eduardo L. D., Janksyn B., Nilson E. S. *et al.* 2014. Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic

- acid for assessing the quality tap water using SPE and HPLC. *Acta Scientiarum Technology*, 36, 3, 513-519.
- El Ouali Lalami A., Merzouki M., El Hillali *et al.* 2011. Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc: Typologie, origine et conséquences. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, 09, 55-72.
- EU (European Union) 1998. Directive on the Quality of Water Intended for Human Consumption, 98/83/EC. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. OJ L 330, 5.12.1998, 32-54.
- EFSA 2008. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance penconazole. *Scientific Report (2008)* 175, 1-104.
- Eduardo L. D., Janksyn B., Nilson E. S. *et al.* 2014. Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid for assessing the quality tap water using SPE and HPLC. *Acta Scientiarum Technology* 36, 3, 513-519.
- Esko M. 1996. Toxicity of Dimethoate to Some Soil Animal Species in Different Soil Types. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 33, 2, 128-136.
- Fathi H. 1995. *Résidus de pesticides organochlorés chez des organismes aquatiques en provenance de quatre oueds marocains: Sebou, Bouregreg et Oum-Erabia*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agro-Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Farag A. T., Ahmed, F., Aswad, E. *et al.* 2007: Assessment of reproductive toxicity of orally administered technical dimethoate in male mice. *Reprod. Toxicol* 2007, 23: 232-238.
- Hatrik S. & Tekel J. 1996. Extraction Methodology and Chromatography for the Determination of Residual Pesticides in Water. *Journal of Chromatography A*, 733, 1-2, 217-233.
- Hercegová A., Dömötöróvá M. & Matisová E. 2007. Sample preparation methods in the analysis of pesticide residues in baby food with subsequent chromatographic determination. *Journal of chromatography A*. 1154, 1-2, 54-73.
- Kovalczuk T., Jech M., Poustka J., *et al.* 2006. Ultra-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry: A novel challenge in multiresidue pesticide analysis in food. *Analytica Chimica Acta*, 577, 8-17.
- Liu W. P., Chen Z. W., Xu H. Q. *et al.* 1991. Determination of diclofop-methyl and diclofop residues in soil and crops by gas chromatography. *Journal of Chromatography A*. 28; 547, 1-2, 509-15.
- Mamy L., Benoît G. & Barriuso E. 2010. Comparative environmental impacts of glyphosate and conventional herbicides when used with glyphosate-tolerant and non-tolerant crops. *Environmental Pollution*, 158, 3172-3178.
- Mavura W.J. & Wangila P.T. 2004. Distribution of pesticide residues in various lake matrices: water, sediment, fish and algae, the case of lake Nakuru, Kenya. *Inaugural conference Proceedings* 8th-11th August Arusha - Tanzania, 88-98.
- Mwevura H., Othman O.C. & Mhehe G.L. 2002. Organochlorine pesticides residues in waters from the coastal area of Dar Es Salaam and their effect on aquatic biota. *Tanzania Journal of Science*, 28, 2, 117-130.
- Nwankwoala A.U. & Osibanjo O. 1992. Baseline levels of selected organochlorine pesticides in surface waters in Ibadan (Nigeria) by electron capture gas chromatography. *Science of the Total Environment*, 119, 179-190.
- Sage L., Bennasser L., Steiman R. *et al.* 1997. Fungal microflora biodiversity as a function of pollution in Oued Sebou (Morocco). *Chemosphere*, 35, 4, 751-759.
- Singh N. 2005. *Mobility of four triazole fungicides in two Indian soils*, 61, 2, 191-196.
- Smith A.E. 1977. Degradation of the herbicide diclofop-methyl in prairie soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25, 893-898.
- Spiewak R. 2001. Pesticides as a cause of occupational skin diseases in farmers. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 8, 1-5.
- Tabyaoui F.Z., Sahbi H., Elouazzani A. *et al.* 2004. Etat de la pollution par les nitrates dans des eaux de la nappe plio-quaternaire du plateau de Meknès (Maroc). *Geomaghreb*, 2, 63-75.
- Wauchope R.D., Buttler T.M., Hornsby A.G. *et al.* 1992. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 123, 1-155.
- Who, 1998. Guidelines for Drinking water quality, Second Edition. Addendum to Vol.2. Health Criteria and other supporting information. *World Health Organization, Geneva*, 201-208.
- Yang X., Zhang H., Liu Y. *et al.* 2011. Multi residue method for determination of 88 pesticides in berry fruits using solid-phase extraction and gas chromatography–mass spectrometry: Determination of 88 pesticides in berries using SPE and GC-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 127, 2, 855-865.

Manuscrit reçu le 13/11/2019

Version révisée acceptée le 17/01/2020

Version finale reçue le 04/03/2020

Mise en ligne le 05/03/2020