

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

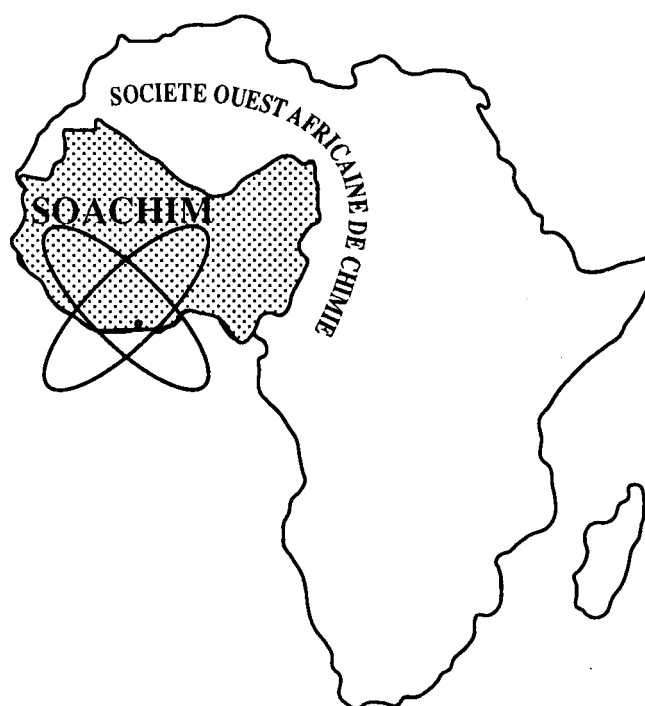
J. Soc. Ouest-Afr. Chim.

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

ISSN 0796-6687

17^{ème} Année, Décembre 2012, N° 034



Site Web: <http://www.soachim.org>

Evaluation de la performance du filtre lent à sable en élimination de quelques pesticides (Diuron, Maneb, Carbofuran) présents dans les eaux usées par spectrophotométrie UV-visible

Ababacar Mbaye^{1,2}, Cheikh Diop^{1,2}, François Matty¹, Diegane Sarr², Lamine Cisse², Ould H'medy Isselmou², Anicet Da Silva³, Moussa Mbaye², Alphonse Tine^{2*}

¹Institut des Sciences de l'Environnement (ISE), Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

²Laboratoire de Photochimie et d'Analyses (LPA), Département de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

³Département de Physiques, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

(Reçu le 29/09/2011 – Accepté après corrections le 25 /09/2012)

Résumé : L'utilisation intensive des pesticides dans l'agriculture a entraîné la contamination des eaux usées, des eaux souterraines et des eaux de surface. Cette présent travail est une tentative d'étudier l'élimination de tels polluants par la filtration lente sur sable. Un tel scénario étant difficile à étudier sur site naturellement, nous avons fait l'étude à partir des eaux synthétiques, composées des eaux usées clarifiées fortifiées par les pesticides étudiés. Une station expérimentale de filtration lente sur sable a été conçue et installée à l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS) de Cambérène à Dakar, où elle a été reliée au bassin de clarification. Pour cette étude, nous avons suivi l'évolution de la concentration de trois pesticides largement utilisés et pouvant être présents dans les eaux usées en utilisant un spectrophotomètre UV-Visible à absorption. L'analyse des résultats de cette étude montre des taux d'abattement faibles pour le Diuron comme pour le Maneb. Ces taux d'abattement varient de 5% à 15% pour le Diuron, et sont d'environ 19% pour le Maneb. Les résultats obtenus montrent que l'usage d'eaux usées même traitées par le procédé de filtration lente sur sable peut constituer une source de pollution pour les eaux de surface et les eaux souterraines.

Mots clés : Pesticides; filtration; sable; pollution; eaux usées; Spectrophotomètre; Diuron; Maneb.

Evaluation of the performance of slow sand filtration in removal of some pesticides (Diuron, Maneb, Carbofuran) present in wastewater by UV-visible spectrophotometry

Abstract : The intensive use of pesticides in agriculture has as consequence the contamination of wastewater, groundwater and surface waters. This present work is an attempt to study the removal of such pollutants by slow sand filtration. This kind of phenomenon is difficult to study naturally on site of course; we performed this study from synthetic wastewater composed of clarified wastewater fortified with the pesticides studied. An experimental pilot station for slow sand filtration was designed and installed at the National Office for wastewater treatment in Senegal (ONAS) in Camberene, Dakar, where it was connected to the clarification tank. The evolution of the concentration of three widely used pesticides was followed in wastewater by using a UV/Vis spectrophotometer. Analysis of the results exhibited low retention rate for Diuron and Maneb. These rates of retention ranged from 5% to 15% for Diuron and about 19% for Maneb. We point out that the use of wastewater even treated by slow sand filtration can be a source of pollution for surface water and groundwater.

Keywords: wastewater; Pesticides; slow sand filtration; spectrophotometer; Diuron; Maneb;

* Auteur de Correspondance : alptine@yahoo.fr ; Tel: 00 221-77-541-9053

1. Introduction

La raréfaction des ressources en eau potable, la dégradation de la qualité des sources d'eau causée par l'action de l'homme et le contexte actuel des changements climatiques sont aujourd'hui autant de défis majeurs que l'humanité doit relever pour bien gérer cette ressource. Pour faire face à l'épuisement des sources traditionnelles d'approvisionnements en eau potable, il convient de chercher des sources d'approvisionnements alternatifs ^[1], et un des moyens de diversifier ces sources consiste en la réutilisation des eaux usées dans le domaine agricole ^[2, 3]. La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture est non seulement un moyen d'économiser les ressources en eau ^[4], mais elle permet aussi la réduction des coûts de production en raison de la richesse des eaux usées en nutriments (azote, phosphore). Mais, si la présence des pesticides et des métaux lourds dans les eaux usées est intéressante en tant que facteurs de croissance des végétaux ^[5], elle peut constituer un risque en cas de consommation de végétaux contaminés ^[6]. En effet, la contamination des végétaux par des pesticides susceptibles d'entraîner chez les organismes vivants des effets toxiques, cancérigènes, mutagènes et perturbateurs endocriniens sont source d'inquiétude de la part des populations. D'autant que certains pesticides ont une forte capacité de rémanence et leur dégradation produit des métabolites dont les effets sanitaires sont parfois inconnus.

Pour répondre aux normes de réutilisation des eaux usées sans danger ^[7,8], de nombreuses solutions techniques existent, parmi lesquelles la filtration lente sur sable et en particulier les directives de l'OMS sur l'irrigation restreinte et sans restrictions ^[9].

Au Sénégal, pour répondre au déficit en eau dans l'agriculture périurbaine, on utilise de plus en plus les eaux usées brutes ^[2, 10, 11]. A Dakar, la capitale du Sénégal, seules 37% des eaux usées sont traitées selon les normes nationales ^[12], mais le système de traitement mis en place ne tient pas compte de la présence de polluants tels que les pesticides. C'est pour cette raison que nous avons choisi de suivre dans cette étude la présence des pesticides dans le traitement des eaux usées clarifiées par la filtration lente sur sable.

2. Matériels et méthodes expérimentales

La filtration lente sur sable est une méthode ancienne qui est toujours utilisée pour la potabilisation de l'eau. Elle fit son apparition au début du 19^{ème} siècle, avec John Gibb qui en 1804 conçut le premier filtre à sable ^[13]. Au début des

années 1970 son intérêt a grandi aux États-Unis dans le domaine de l'épuration des eaux usées, avec l'adoption de standards stricts établis dans le cadre d'une nouvelle législation sur la qualité de l'eau ^[14].

Nous avons conçu une station expérimentale de filtration lente sur sable selon les modèles de la littérature ^[15-18], elle a été installée à la station d'épuration de Cambérène située dans la région de Dakar. Nous avons choisi de suivre l'évolution de la concentration des trois pesticides étudiés par spectrophotométrie UV-Visible au cours de cette filtration lente sur sable.

2.1. Matériels

2.1.1. Le filtre à sable

Ce procédé de filtration consiste à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers un milieu filtrant. Le milieu filtrant est généralement constitué par du sable en permanence submergé par l'effluent brut. L'épuration se fait durant le passage de l'effluent à travers le lit filtrant. La filtration lente sur sable est une technique simple, peu coûteuse et fiable parfaitement adaptée pour les pays en développement, mais peu de chercheurs ont étudié son application dans le traitement tertiaire des eaux usées ^[19-23]. Le dispositif expérimental que nous avons conçu est constitué d'une colonne de filtration et d'un fût placé en au-dessus de la colonne, l'ensemble étant soutenu par une charpente métallique. Une pompe permet d'aspirer l'eau afin de remplir le fût. Le fût permet l'alimentation de la colonne de filtration par l'intermédiaire d'une vanne munie d'un flotteur. Le flotteur permet de maintenir la hauteur de l'eau constante pour que la charge hydraulique appliquée soit aussi constante (**figure 1**). La colonne de filtration est constituée d'un tuyau en PVC de 2 m de haut et de 30 cm de diamètre, rempli de bas en haut par un lit de graviers fins et grossiers de 20 cm d'épaisseur, un lit de sable grossier de 70 cm d'épaisseur et une colonne d'eau de 90 cm de hauteur.

Pour éviter l'écrasement du tuyau collecteur de 14 mm de diamètre en forme de serpentín placé à la base du filtre, des cubes en plexiglas de 3 x 3 x 3 cm sont placés de part et d'autre du serpentín et couverts d'un tamis en aluminium. Le tuyau collecteur est percé d'orifices de 3 mm de diamètre pour la collecte des eaux filtrées. Il est relié à l'extérieur à un tuyau en PVC muni d'une vanne régulatrice permettant le réglage de la vitesse de filtration. Le tuyau est ensuite coudé et relié à un tube vertical dont la hauteur doit dépasser légèrement celle du sable afin d'éviter l'apparition de charge négative et la formation de poche d'air à l'intérieur du lit filtrant. Le tube vertical est coudé

horizontalement sur 15 cm puis vers le bas de 20 cm pour permettre l'évacuation des eaux filtrées.

Des tubes de 1 cm de diamètre et 12 cm de long, au nombre de six, sont placés latéralement sur la paroi du filtre à différents niveaux. Le niveau 0 correspond à celui des eaux usées issues du fût, le niveau 1 est situé dans la colonne d'eau surnageant. Les autres niveaux sont placés à des distances variables à partir de la surface du sable filtrant.

Ainsi, le niveau 2 est situé à 5 cm en dessous de la surface du sable, le niveau 3 est situé à 15 cm en dessous de la surface du sable, le niveau 4 est situé à 35 cm en dessous de la surface du sable, le niveau 5 est situé à 45 cm en dessous de la surface du sable, le niveau 6 est situé à 65 cm en dessous de la surface du sable filtrant. Le niveau 7 correspond au drainage des eaux filtrées. Un bout des tubes pénètre à environ 2 cm à l'intérieur du filtre et plonge respectivement dans les divers milieux : l'eau, le sable et le gravier, et l'autre bout est relié à des raccords en T qui sont reliés à leur tour à des robinets et à des tuyaux translucides de 12 mm de diamètre (**figure 1**). Les robinets servent au prélèvement d'échantillons d'eau à différents niveaux. Les tuyaux translucides permettent la mesure de la perte de charge par la lecture de la variation de la hauteur d'eau. Le sable choisi pour la filtration a un diamètre efficace d'environ 0,58 mm^[22,23]. La vitesse de filtration est d'environ 0,05 m/h, selon la littérature; cette vitesse permet d'éviter un colmatage rapide du lit de sable^[22,23]. Les échantillons d'eaux filtrées prélevées sont mis

dans des bouteilles en plastiques et portés au laboratoire pour les analyses.

2.1.2. Le spectrophotomètre UV-Visible utilisé

Nous avons utilisé un Spectrophotomètre Hélios Gamma Thermo Spectronic, reliée à une imprimante matricielle EPSON LQ 1170, un réacteur photochimique qui comprend : une source d'irradiation Oriel (modèle 6137) munie d'une lampe à mercure de puissance 200 W, et une boîte d'alimentation Oriel (modèle 8500).

2.2. Produits étudiés

2.2.1. Les Pesticides utilisés

Les pesticides étudiés sont le Diuron, le Maneb et le Carbofuran, et sont fournis par Cluseau Info (Prolabo) ; ils sont destinés à l'usage agricole et en hygiène publique. Ils ont été utilisés directement sans aucune purification préalable.

2.2.1.1. Le Diuron

Les caractéristiques du Diuron selon la littérature^[24, 25], sont reportées ci-dessous :

-Formule chimique : $C_9H_{10}Cl_2N_2O$;

-Nom chimique : 3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-diméthyl-urée ;

-Structure chimique :

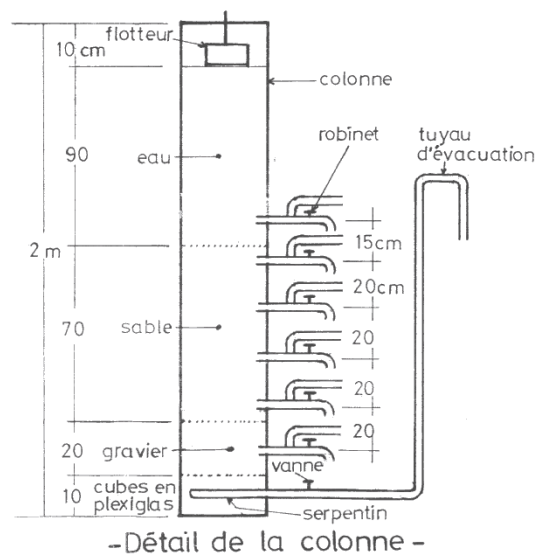
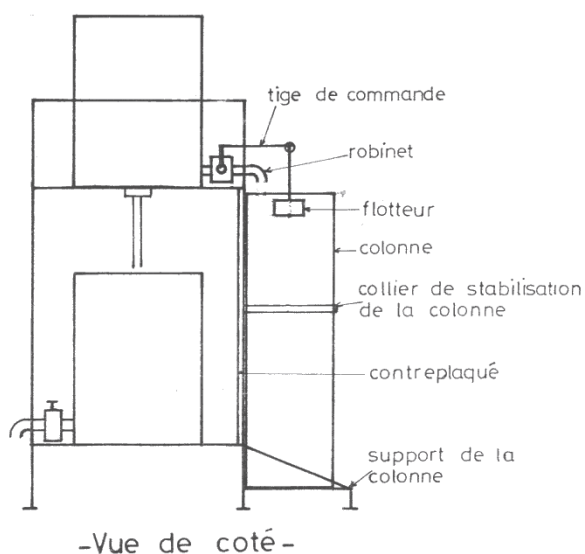
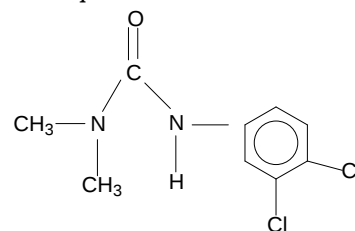


Figure 1. Coupes schématiques du dispositif expérimental de la filtration lente sur sable

Le Diuron est un herbicide qui appartient à la famille des halogéno-phenylurées et au groupe des urées substituées, il est persistant dans l'environnement, avec une demi-vie dans le sol de près d'un (1) an ; la dégradation microbienne serait la principale voie de dégradation du diuron dans l'environnement ^[24, 26].

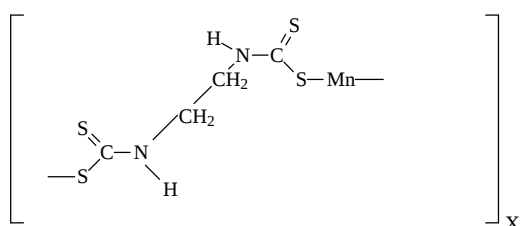
2.2.1.2. Le Maneb

Les caractéristiques du Maneb selon la littérature ^[27,28], sont présentées ci-dessous:

-formule chimique : $C_4H_6MnN_2S_4$;

-Nom chimique : éthylène (bis) dithiocarbamate de manganèse ;

-Structure chimique :



Le Maneb est un fongicide destiné à lutter contre les maladies des fruits et légumes ^[27- 29]. C'est une substance très toxique pour les organismes aquatiques. Elle est irritante pour les yeux, la peau et les voies respiratoires ^[27, 28]. Les bactéries sont les principales responsables de la biodégradation du Maneb dans le sol ^[28].

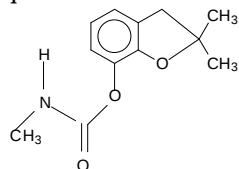
2.2.1.3. Le Carbofuran

Les caractéristiques du Carbofuran selon la littérature ^[30], sont les suivantes :

-Formule chimique : $C_{12}H_{15}NO_3$;

-Nom chimique : 2,2-diméthyl-2,3-dihydro-7-benzofuranyl-N-méthylcarbamate ou bien : (dihydro-2,3 diméthyl-2,2 benzofuranyl)-7 N-méthylcarbamate

-Structure chimique :



Le Carbofuran est un insecticide et un nématicide, il fait partie de la famille des carbamates à larges spectres utilisés dans l'agriculture et le maraîchage. Il est considéré comme cancérigène pour l'homme, il se dégrade par hydrolyse, par photolyse et par décomposition microbienne ^[30- 32].

Le **Tableau I** résume les caractéristiques physicochimiques des pesticides étudiés.

2.3. Préparation des solutions

Des eaux synthétiques, composées d'eaux usées clarifiées auxquelles ont été ajoutés des pesticides sont introduites dans le fût d'alimentation surplombant la colonne de filtration.

Les taux de rétention des pesticides par la colonne de filtration ont été calculés.

Pour la préparation des solutions, nous avons procédé de la manière suivante :

- Les eaux clarifiées de la station d'épuration de l'ONAS sont utilisées au cours des séances expérimentales de dissolution. La préparation des solutions de pesticides a nécessité leurs dissolutions préalables dans les eaux usées clarifiées ou dans l'eau distillée. En ce qui concerne le Diuron qui est soluble dans l'eau, sa dissolution s'est faite sans précaution particulière dans les eaux usées clarifiées, alors que pour le Maneb et le Carbofuran la dissolution s'est d'abord faite dans de l'eau distillée avec l'aide d'un four à micro-ondes, avant le mélange avec les eaux usées clarifiées. Les solutions préparées à une concentration bien déterminée (10^{-4} mole/L), sont introduites la veille des prélèvements d'échantillons dans le fût d'alimentation de la colonne du filtre.

2.4. Echantillonnage

- Les échantillons sont prélevés à différents niveaux de la colonne ; ainsi, le niveau 0 correspond à celui des eaux usées issues du fût, c'est le niveau de référence. Au niveau 1 se trouve la colonne d'eau, aux niveaux 2 et 4 la colonne de sable, au niveau 6 la couche de gravier, et au niveau 7 la sortie du drainage.

- Pour suivre l'évolution, les prélèvements sont effectués à des intervalles de temps de filtrations de deux (2) ou trois (3) heures, puis analysés.

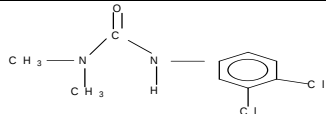
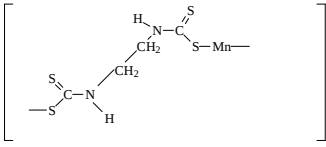
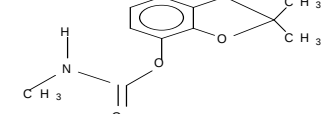
2.5. Détermination de l'abattement de la charge polluante

2.5.1. Détermination du taux d'abattement des produits étudiés après filtration

Nous avons mesuré les absorbances à la longueur d'onde choisie pour les différents échantillons suivants: l'eau distillée, les eaux clarifiées issues du fût correspondant au niveau 0 (niveau de référence), et les eaux filtrées en fonction des différents niveaux de la colonne du filtre à sable.

Pour le Diuron, le maximum d'absorption se situe à 247,5 nm dans l'eau pure et dans les eaux usées clarifiées, avec des absorbances respectives de 1,788 et de 2,234. Pour le Maneb, le maximum d'absorption se situe à 275,5 nm dans l'eau pure et dans les eaux usées clarifiées, avec des absorbances respectives de 0, 234 et 1,024.

Tableau I : Caractéristiques physicochimiques des pesticides étudiés.

Nom du produit	Formule brute	Formule développée	Masse moléculaire (g/mol)	Solubilité dans l'eau à 20 °C (mg/L)	log K _{ow}
Diuron	C ₉ H ₁₀ Cl ₂ N ₂ O		233,1	35,6	2,87
Maneb	C ₄ H ₆ MnN ₂ S ₄		265,29	178	-0,45
Carbofuran	C ₁₂ H ₁₅ NO ₃		221,25	320	1,52

La loi de Beer-Lambert a été utilisée pour la détermination de l'abattement après filtration, pour les différents niveaux de la colonne. L'abattement est obtenu comme suit (1):

$$R(\%) = [1 - \frac{C_{pf}}{C_{pi}}] \times 100 \quad (1)$$

Où $R\%$, le taux d'abattement des pesticides, représente le pourcentage des pesticides retenus dans le filtre, C_{pf} et C_{pi} représentent respectivement le pourcentage des pesticides dans les eaux usées clarifiées filtrées à chaque niveau et le pourcentage des pesticides dans les eaux usées clarifiées issues du fût.

Cette relation permet de calculer C_{pf} connaissant $R\%$ par la relation (2) :

$$C_{pf} = C_{pi} [1 - \frac{R(\%)}{100}] \quad (2)$$

L'absorbance des impuretés dans les différentes solutions est considérée comme négligeable, puisque l'étude spectrale des solutions sans pesticides ne révèle pas la présence de ces impuretés.

3. Résultats et discussions

3.1. Abattement de la concentration du Diuron :

Lors de la filtration des eaux usées contenant du

Diuron par le filtre à sable, des échantillons sont prélevés aux niveaux 2, 4, 6 et 7.

Les absorbances des échantillons prélevés aux différents niveaux sont consignées dans le **tableau II**.

L'analyse des résultats obtenus montre:

- une réduction de l'absorbance du niveau (0) au niveau (4) correspondant à un abattement de 15%.
- Ce résultat correspondant à une rétention relativement faible du Diuron;
- une augmentation de l'absorbance au niveau (6). Ce résultat un peu plus élevé semble correspondre à une accumulation des pesticides dans le gravier.

La réduction est en moyenne très faible, le taux de rétention du pesticide est de 0,5%.

Les études de Saiba et al, (2010), Abdel-Naser et al, (2010) et Barriuso et al (1996) ^[33-35] ont montré que l'épuration serait due à un stockage de polluants sous forme de résidus non extractibles appelés résidus liés mais aussi que d'autres processus sont impliqués dans le devenir des pesticides dans les sols conditionnant leur disponibilité et par conséquent leur efficacité phytosanitaire ou la manifestation de leur caractère polluant. Ainsi, ces phénomènes pourraient expliquer cette faible rétention de ce pesticide.

Tableau II: Variations de l'absorbance du Diuron en fonction du temps à différents niveaux.

Intervalle Niveau	Absorbance au temps t=0	Absorbance après 2 h	Absorbance après 4 h	Absorbance moyenne	Abattement	C_{pf} Calculée x 10 ⁻⁴ M
(0)	2,234	2,234	2,234	2,234	référence	1
(2)	2,072	2,003	2,291	2,122	5,01%	0,95
(4)	1,793	1,868	2,019	1,893	15,26%	0,85
(6)	2,186	2,220	2,260	2,222	0,54%	0,99

3.2. Abatement de la concentration du Maneb

Les échantillons d'eaux usées clarifiées filtrées recueillis aux différents niveaux donnent les résultats suivants (**tableau III**). L'analyse des résultats des eaux filtrées recueillies dans la colonne de sable, le gravier et au drainage, montre:

- une réduction de l'absorbance du niveau (0) au niveau (4) avec un taux de rétention du pesticide de 19% correspondant à une faible rétention ;
- une augmentation de l'absorbance au niveau (6) et au drainage soit des réductions du taux à 18% et à 15% respectivement.

Pour mieux appréhender le phénomène nous avons divisé la concentration du Maneb par deux pour étudier l'effet de la concentration sur la rétention du pesticide. La Maneb en solution dans les eaux usées clarifiées diluée deux fois, absorbe à la longueur d'onde de 275,5 nm avec une absorbance de 0,232. Les solutions filtrées donnent les absorbances ci-dessous pour les différents niveaux (**Tableau IV**). Les résultats montrent que la rétention du Maneb dans les eaux usées clarifiées et deux fois diluées est du même ordre de grandeur que celle des solutions dont elles sont issues (**tableau III**). Les résultats de l'analyse sur la rétention de la solution de Maneb diluée par le filtre à sable sont les mêmes que ceux obtenus avec les solutions non diluées. Cependant, on note une augmentation du taux de rétention de 28% au niveau (4) par rapport à la référence et de 17% au drainage par rapport à la référence. Ainsi quelque soit la concentration initiale le taux de rétention du Maneb par la colonne du filtre à sable est à peu près identique.

3.3. Abatement de la concentration du Carbofuran

Les résultats expérimentaux montrent que le maximum d'absorption du Carbofuran apparaît à la longueur d'onde de 199 nm dans l'eau distillée avec une absorbance de 0,479. Cependant dans les eaux usées clarifiées, l'absorbance est nulle à cette longueur d'onde.

Deux explications peuvent être avancées :

- la première explication pourrait être la dégradation du Carbofuran par action microbienne ou par hydrolyse^[33-35]. En effet, les eaux usées clarifiées utilisées ont un pH légèrement basique et dans ce milieu le Carbofuran ne peut persister longtemps;
- la deuxième explication pourrait provenir des interférences entre le Carbofuran et les impuretés qui se trouvent dans les eaux clarifiées relativement chargées. Ces interférences peuvent être à l'origine de sa décomposition ou de sa destruction.

4. Conclusion

Afin de déterminer les risques de contamination des eaux de surface et de la nappe souterraine par les eaux usées contenant des micropolluants tels que les pesticides, la filtration lente sur sable et la méthode spectrophotométrique (U.V. – Visible) par absorption ont été utilisées pour voir la capacité de migration des pesticides dans les sols humides. Cette étude expérimentale nous a permis de voir que la capacité de rétention des pesticides par le procédé de filtration lente sur sable est faible pour les trois pesticides étudiés.

Tableau III : Variations de l'absorbance du Maneb en fonction du temps à différents niveaux

Période Niveau	Absorbance au temps t=0	Absorbance après 2 h	Absorbance après 5 h	Absorbance moyenne	Abattement	Cpf Calculée x 10 ⁻⁴ M
(0)	1,024	1,024	1,024	1,024	référence	1
(2)	0,769	0,859	0,868	0,832	18,75%	0,81
(4)	0,761	0,850	0,886	0,832	19%	0,81
(6)	0,790	0,842	0,897	0,843	17,67%	0,82
Drainage	0,837	0,853	0,919	0,870	15,03%	0,85

Tableau IV: Variations de l'absorbance de la solution de Maneb deux fois diluée en fonction du temps à différents niveaux.

Période Niveau	Absorbance au temps t=0	Absorbance après 2 h	Absorbance après 4 h	Absorbance moyenne	Abattement	Cpf Calculée x 10 ⁻⁴ M
(0)	0,232	0,232	0,232	0,232	Référence	1
(2)	0,157	0,169	0,189	0,172	25,86%	0,74
(4)	0,124	0,172	0,202	0,166	28,45%	0,72
(6)	0,173	0,196	0,208	0,192	17%	0,83
Drainage	0,211	0,184	0,181	0,192	17,24%	0,83

Les résultats de cette étude montrent que pour le Diuron comme pour le Maneb, la concentration de produit est réduite de l'entrée (niveau 0) au niveau (4) avec des taux de rétention allant de 05% à 15% pour le Diuron, et aux environs de 19% pour le Maneb.

L'infiltration des pesticides dans le sable est confirmée par les concentrations élevées que nous avons trouvées dans le gravier et au drainage. En effet c'est dans ces endroits que les pesticides peuvent s'accumuler.

Ces résultats démontrent que la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines est possible par des pesticides contenus dans les eaux usées. Ainsi le Diuron et le Maneb comme beaucoup d'autres pesticides en solution dans les eaux usées constituent des risques potentiels pour les nappes superficielles et phréatiques.

Bibliographie

- [1] Baumont S., Camart J.P., Lefranc A., Franconi A.. Reutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de France. Rapport ORS/AURIF. 2004. Paris.
- [2] Asano, T. *Wat. Sci. Tech.* (1991) 24 (9) ; 1-10.
- [3] Bahri A.. *Wat. Sci. Tech.* (1999) 40, (4,5); 339-346.
- [4] Aoki C., Ahmed Memon M. and Mabuchi H.. Water and wastewater reuse. An environmentally Sound Approach For Sustainable urban Water management UNEP/DTIE/IETC- GEC. 2006. Osaka.
- [5] Jouzdan O., Fares F., Abedalgawad G.. *Amer., Euras. J. Agric. & Envir. Sci.* (2007) 2 (1): 51-61.
- [6] Papadopoulos I.. *Miscel. Rep.*; (2006) 94; 1-11.
- [7] Adin A.. *Filtr and Sep*; (1978)15:1; 55-60.
- [8] Fujii S., Somiya I., Takeda K.. *Wat. Sci. Tech.*, (1987) 19;12; 93-99.
- [9] WHO. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 1-4. WHO edition 2006, Geneva.
- [10] Shetty S.. Treated wastewater use in Tunisia: lessons learned and the road ahead. Wastewater use in irrigated agriculture. Confronting the livelihood and environmental realities. CABI/IWMI/IDRC (ed). Wallingford, Oxfordshire, UK: 2004, Cambridge, MA; 166-174.
- [11] Niang, S., Diop, A., Faruqui, N., Redwood, M., Gayem, N., *Urban Agri Mag*; (2002). 8; 35–36.
- [12] M. Gaye and S. Niang, "Épuration Extensive des eaux usées pour leur Réutilisation dans l'Agriculture Urbaine: Des Technologies Appropriées en Zone Sahélienne pour la lutte Contre la Pauvreté," *Etud. et Rech, ENDA*. (2002) 225 :227. 17-20.
- [13] Kenealy A. "The Cholera in Hamburg." The Congress of Women: The Woman's Building, World's. Columbian Exposition. Chicago, U. S. A., 1893. Mary Kavanaugh Oldham Eagle, (ed). Monarch Book Company: 1894; 354-358.
- [14] U.S. Congress. *Clean Wat. Act 1977* (1978) 4; 95; 14.
- [15] Huisman, L.; Wood, W.E. Slow Sand Filtration; World Health Organization 1974: Geneva, Switzerland. 47-79.
- [16] Yung K.. Biosand Filtration: Application in the Developing World. CE 401 Project. University of Waterloo. 2003 .ON. USA.
- [17] Tabatabaei Z., Mahvi A. H, Saeedi R., Khorshidi A. R. and Sohrabi A.. *Int. J. Agri. & Biol.* (2007) 9; 6.
- [18] Seelaus, T. J., Hendricks, D. W. and Janonis, B., *J. AWWA*, (1986)78 (12), 35.
- [19] Sadiq , R . ; Husain , T . ; Al - Zahrani , A . M . ; Sheikh, A . K . ; Farooq , S *J. Wat, Air & Soil Pol.*, (2003).143; (1-4), 41-63.
- [20] Zheng, X.; Mehrez, R.; Jekel, M.; Ernst, M. *Desal.* (2009) 249: 2; 591-595.
- [21] MIWR-GONU; MWRI-GOSS. Technical Guidelines for the Construction and Management of Drinking Water Treatment Plan. A Manual for Field Staff and Practitioners. *SUDAN, MIWR-GONU; MWRI-GOSS, UNICEF*. (2009).
- [22] Ellis, K. V. *J. Wat. Res.*, (1987) 21; 403-410.
- [23] Adin A., Gerstel Z., Tal N. I. Slow granular filtration for advanced wastewater treatment: Design, Performance and Operation. The Hebrew University of Jerusalem. *Final Scientific Report*. (1998)
- [24] Abass K., Reponen P., Turpeinen M., Jalonen J., and Pelkonen O.. *Drug Metab Dispos.* (2007) 35; 9. 1634-1641.
- [25] Northwest coalition for alternatives to pesticides/NCAP. Herbicide factsheet. Diuron *J. pest. reform/ Spring* (2003) 23, (1).
- [26] Khurana J. L., Jackson C. J., Scott C., Pandey G., Horne I., Russell R. J., Herlt A., Easton C. J. and Oakeshott J. G.. *Biochem. J.*; (2009) 418; 431-441.
- [27] Meco G., Bonifati V., Vanacore N., Fabrizio E. *Scand J Work Env. Health* (1994) 20; 301-305
- [28] Siepmann S. and Bruhn L *Office of Spill Prevention and Response Administrative, Report* (1999) 99-1; 14-16.
- [29] United States Environmental Protection Agency. Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7508C) Maneb Facts. *EPA 738-F-05-XX*. (2005) .
- [30] Eisler, R.. *Biol. Rep.* (1985) 85: 1:3. 36.
- [31] Otieno P. O., Lalah J. O., Virani M., Jondiko I. O. and Schramm K.-W. *J. of Env. Sc. & Heal. Part B* (2010) 45; 137–144 .
- [32] WHO/SDE/WSH/03.04/81. Carbofuran in Drinking-water. WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO edition, Geneva 2004.
- [33] Saiba A., Bouras O. *Comm. Sci. & techn.* (2010) N° 8. 141- 145.
- [34] Abdel-Naser G., Al-Turki A. M., Al Wabel M.I. and El-Saeid M. H. *Res. J. Envir. Sci.*, (2010) 5; 221-235.
- [35] E. Barriuso, R. Calvet, M. Schiavon, G. Soulas. *Etud. & gest. sols.* (1996) 3,3, 279-295.