

Impact de l'utilisation d'eaux usées traitées par lagunage à macrophyte à des fins d'irrigation sur la qualité du sol : Cas du traitement avec le vétiver (*Vetiveria zizanoides*) dans le périmètre maraîcher de M'pozo, à Matadi, en République Démocratique du Congo

[The Impact of using treated wastewater with macrophyte ponds technology for irrigation on the soil quality: The vetiver (*Vetiveria zizanoides*) grass case in M'pozo vegetable plots at Matadi city, Democratic Republic of the Congo]

NKOBA Tuzolana Hippolyte¹⁻², MUSIBONO Dieudonné Eyul'anki¹⁻², KIATOKO Mangeye Honoré³, MBATA Mbuta Raphaël⁴, MBU Mubel Claude⁵, and PAMBU Lelo Aaron²

¹Laboratoire d'Ecotoxicologie et Biotechnologie environnementale ERGS, Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, RD Congo

⁴Minoterie de Matadi, RD Congo

⁵Institut Supérieur des Techniques Appliquées, RD Congo

Copyright © 2015 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: This study focuses on the biological wastewater treatment for vegetable plots quality improvement. Based on planted wetland technology using vetiver grass, treated water quality was significantly improved at 95% performance. Toxic heavy metal and other pollutant loads were reduced. Chemical analyses revealed such improvement: pH, TOC, K, N, P, Cr VI, Cd, Pb were lowered. This simple, efficient and low-cost technology will be extended to two other sites in Matadi. Statistical analysis revealed significant differences between untreated and treated water pollutant loads.

KEYWORDS: wastewater, vetiver, macrophyte ponds, irrigation, soil.

RÉSUMÉ: Cette étude s'intéresse au cas du biotraitement des eaux usées urbaines. Le processus choisi est le lagunage avec le système vétiver (*Vetiveria zizanoides*) dans le périmètre maraîcher de M'pozo, à Matadi, Bas-Congo.

Les objectifs sont de mettre en exergue le pouvoir dépolluant du vétiver, d'étudier l'influence du lagunage sur la qualité du sol en milieu tropical et de mettre en place un système biologique sûr pour l'épuration des eaux usées.

La démarche présente un coût d'installation abordable, une facilité d'exploitation par son adaptation et donne la possibilité d'utiliser l'eau épurée pour la fertilisation et l'irrigation en agriculture.

Les analyses physico-chimiques du sol concernent le pH, les teneurs en eau, en matières organiques, en potassium, en azote, en phosphore, en chrome hexavalent, en cadmium et en plomb ainsi que la capacité d'échange cationique. Le test LSD a montré des différences très significatives entre les traitements pour la plupart des paramètres.

Le système vétiver a donc bien fonctionné dans le périmètre maraîcher de M'pozo et a permis d'établir une corrélation entre la biomasse du vétiver et la réduction de la charge polluante.

MOTS-CLEFS: eaux usées, vétiver, lagunage, irrigation, sol.

1 INTRODUCTION

Les eaux polluées, généralement appelées eaux usées, sont toutes les eaux susceptibles de contaminer le milieu où elles sont déversées (Chatzis, K, 2000). Elles sont, pour la plupart de cas, les sous-produits d'une utilisation humaine (soit domestique, soit industrielle) ; d'où l'usage du terme « eaux usées ». Quelques fois, elles sont qualifiées d'eaux grises quand il s'agit d'eaux peu chargées en matières polluantes par exemple les eaux d'origine domestique, résultant du lavage des assiettes, des mains, des bains ou des douches ; et d'eaux noires lorsqu'elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer telles que les matières fécales, les produits cosmétiques, ou tous les types de sous produits industriels mélangés à l'eau. Il peut également s'agir d'eaux d'écoulement de surfaces imperméables. Ainsi les eaux de ruissellement des places de stationnement sont considérées comme des eaux usées du fait de la présence de divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques. Dans la plupart des pays et en particulier dans les milieux urbanisés, les eaux usées sont collectées et acheminées par un réseau d'assainissement (Scherrer, F, 1992). Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées (Bourgeois-Gavardin, J, 1985).

L'épuration de ces eaux est assurée par des stations d'épuration d'effluents d'eaux usées dans le cas d'habitat collectif. Si l'habitat n'est pas connecté à un réseau, un système de fosse autonome plus un terre d'épandage est mis en place (Dupavillon, C, 2001). En milieu liquide, l'épuration se fait par les microorganismes qui biodégradent la matière organique contenue dans les eaux usées. Dans le milieu naturel, la matière organique s'assèche par le manque d'humidité dû aux conditions du milieu naturel. Les végétaux pompent pour leur besoin toute l'humidité environnante; la porosité du sol laisse infiltrer les grandes quantités d'eaux usées. L'épuration de l'eau usée dans le sous-sol s'effectue en compost par la fermentation ; travail beaucoup plus long et aléatoire. Une matière organique n'ayant pas subi de prétraitement avant d'être envoyée dans le sous-sol risque de le colmater très vite. En situation autonome, les filtres à sable (terre d'épandage) se colmatent très souvent au bout de 7 ans d'utilisation. C'est bien la preuve que le sol n'a pas vocation d'épurer les eaux usées (Goulbert, J-P, 1986).

A l'échelle mondiale, le traitement des eaux usées constitue le premier enjeu de santé publique: plus de 4000 enfants de moins de 5 ans meurent chaque jour de diarrhées liées à l'absence d'assainissement et à un manque d'hygiène selon « Infos eau du 01/07/2009 ». En République Démocratique du Congo où de telles installations n'existent pas, le milieu naturel n'est pas en mesure d'assurer l'autoépuration d'effluents d'eaux usées (Kitambala, K.A., 2006). La carence de latrines est l'un des problèmes majeurs dans la ville de Matadi. Suite à cette situation, les rares fosses septiques de la ville sont vidangées au moyen des caniveaux débouchant dans un grand canal qui alimente la rivière M'pozo. Dans les versants de ce canal, certaines personnes déposent leurs matières fécales dans la nature. En effet, l'eau de ce canal ainsi que celle de la rivière réceptrice de M'pozo sont utilisées pour le maraîchage. Cette situation est dangereuse pour la santé humaine, notamment à travers la consommation des produits agricoles contaminés (légumes, tomates, etc.). En outre, l'irrigation avec de l'eau polluée présente un grand impact négatif sur les propriétés du sous-sol et des eaux souterraines. Ainsi, un traitement préalable des eaux d'irrigations est souhaité. Il existe plusieurs méthodes de traitement d'eaux usées : traitement par voie biologique, par voie physico-chimique, par traitement bactériologique et par rayonnement.

Les méthodes biologiques sont moins exigeantes. Parmi celles-ci, on trouve la boue activée, le lit bactérien, le bio filtre, la fosse septique et le lagunage. D'où la pertinence de notre travail dont l'objectif principal est d'améliorer la qualité des eaux usées du périmètre maraîcher de M'pozo par lagunage à macrophyte mais aussi de mettre en exergue le pouvoir dépolluant du système vétiver ainsi que l'impact de l'usage de son eau à des fins d'irrigation sur la qualité du sol. L'installation d'un système de lagunage à macrophyte serait très bénéfique pour les pays en développement parmi lesquels la République Démocratique du Congo. Ce dernier n'a aucun service d'épuration des effluents liquides, tant domestiques qu'industriels.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODE

La ville de Matadi étant située sur le roc (*Matadi signifie « roc » en kikongo, la langue locale*), la préparation de terrain est un travail de dur labeur. Elle demande du temps, de l'énergie, une main d'œuvre spécialisée à ce travail (casseurs de pierre) et des matériaux appropriés. Il nous a donc fallu aménager la superficie du canal pour faciliter la mise en place des bassins et y creuser les sillons pour permettre la construction des murs. Nous avons construit une cascade de cinq bassins, dont 3 plantés pour l'épuration des eaux, 1 primaire non planté pour la collection d'eaux brutes et la pré sédimentation et 1 bassin de maturation pour la récolte d'eaux traitées, a été construite dans le canal collecteur alimentant la rivière M'pozo. La longueur totale du dispositif bioréacteur est de 500 mètres. Dans notre système, seuls les trois bassins intérieurs constituent le dispositif d'épuration. Le premier est un collecteur des eaux usées et le dernier est un bassin de maturation. Après avoir procédé au traitement par lagunage, un champ d'étude des cultures maraîchères a été placé aux environs du

dispositif. Trois plates-bandes d'amarante (*Amaranthus hybridus*) sont placées à proximités de chaque bassin du dispositif construit. Les 3 plates-bandes arrosées par l'eau brute du bassin de collection et de pré sédimentation sont les répétitions du traitement témoin T_0 . Les 3 bassins de lagunage plantés de vétiver sont identifiés comme les traitements T_1 , T_2 et T_3 pendant que les 3 plates-bandes arrosées par chacun d'eux en sont les répétitions. Enfin, le bassin de maturation (T_4) arrose aussi 3 plates-bandes. Donc, 15 plates-bandes ont servi à l'expérimentation in situ des résultats de recherche. Les échantillons des sols de ces plates-bandes d'amarante ont été prélevés. Les 3 premières plates-bandes ont été arrosées du début à la fin avec de l'eau brute alors que les 9 suivantes ont été arrosées avec de l'eau traitée des 3 bassins de lagunage et les 3 dernières arrosées avec l'eau du bassin de maturation. Chaque traitement concerne 3 plates-bandes ; d'où les répétitions R_1 , R_2 et R_3 . Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur 5 traitements d'échantillons du sol. Chacun des traitements comporte 3 répétitions ; ce qui nous donne un total de 15 échantillons prélevés. Après avoir séché 5 grammes de chaque échantillon à l'étuve à 105°C jusqu'au poids constant, 1g de la poudre type de chaque échantillon était minéralisé avec l'eau régale. Le minéralisât a servi aux différentes analyses physico-chimiques. Celles-ci ont concerné le pH, les teneurs en eau et en matières organiques, la capacité d'échange cationique ainsi que les teneurs en potassium, en azote, en phosphore, en chrome hexavalent, en cadmium et en plomb.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

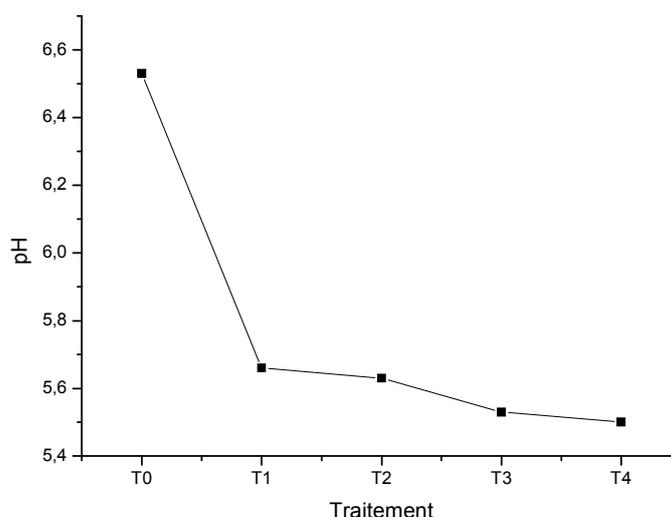
3.1 DEGRÉ D'ACIDITÉ (PH)

Traitements	Répétitions			moyennes
	R_1	R_2	R_3	
T_0	6,5	6,4	6,7	6,53 ^a
T_1	5,6	5,7	5,7	5,66 ^b
T_2	5,7	5,6	5,6	5,63 ^b
T_3	5,5	5,5	5,6	5,53 ^b
T_4	5,5	5,5	5,5	5,50 ^b

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	$F_{th}=F_{0,01}$
Total	14	2,53		17,9	5,99
Traitement	4	2,22	0,555		
Erreur	10	0,31	0,031		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 1 : Variation du pH du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

Le bio traitement par lagunage au vétiver tend à baisser le pH de l'eau et par conséquent celui du sol irrigué par cette eau traitée ainsi que son eau souterraine. Cela serait dû au fait que la décomposition des sédiments libère les acides organiques solubles dans l'eau et aussi au fait que la nitratisation de l'ammonium libère des ions H^+ . De manière générale les bassins d'épuration d'eau présentent des diminutions remarquables de pH et souvent cette acidité est corrigée avant utilisation de l'eau. En région tropicale où cette situation est obligatoirement observée suite à l'acidité des pluies, l'acidité est corrigée par l'addition de la chaux dans l'eau.

L'analyse de la variance nous fait état d'une différence significative entre les traitements alors que le test LSD montre que la différence est plus significative en passant du bassin d'eau brute (T_0) au premier lagunage (T_1) et que, de manière successive, le pH varie peu entre les autres traitements.

3.2 TENEUR EN EAU (%)

Traitements	Répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	86,6	86,7	86,6	86,63
T ₁	86,6	86,6	86,5	86,56
T ₂	86,6	86,5	86,5	86,53
T ₃	86,6	86,6	86,6	86,6
T ₄	86,6	86,6	86,7	86,63

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,0493			
Traitement	4	0,022633	0,005658	2,12	5,99
Erreur	10	0,0267	0,00267		

$F_c < F_{th}$: pas de différence significative entre les traitements

La teneur en eau du sol n'a pas présenté de différence significative entre les différents traitements.

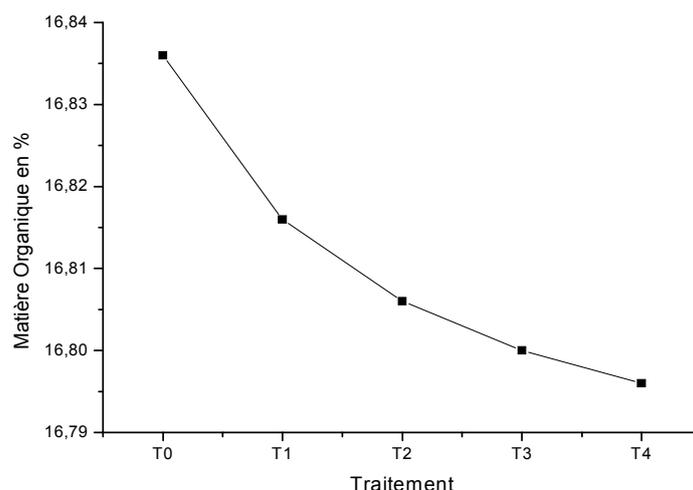
3.3 TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE (%)

Traitements	Répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	16,84	16,83	16,84	16,836 ^a
T ₁	16,82	16,82	16,81	16,816 ^b
T ₂	16,81	16,80	16,81	16,806 ^b
T ₃	16,80	16,80	16,80	16,800 ^b
T ₄	16,80	16,79	16,80	16,796 ^b

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,2723			
Traitement	4	0,2720	0,068	2266,66	5,99
Erreur	10	0,0003	0,00003		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 2 : Variation de la teneur en matière organique du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

La teneur en matière organique diminue dans l'eau par décomposition et par dissolution. Les microorganismes aérobies consomment la matière organique présente dans l'eau. Plus cette dernière est aérée, plus la digestion de la matière organique augmente. Ce phénomène correspond à ce qu'on appelle effet de rivière utilisé dans les boues activées. Cependant la diminution de cette concentration est proportionnelle au temps de séjour de l'eau dans le système d'épuration.

3.4 CAPACITÉ D'ÉCHANGE CATIONIQUE

Traitements	répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	1,50	1,50	1,50	1,50
T ₁	1,50	1,50	1,50	1,50
T ₂	1,49	1,50	1,50	1,496
T ₃	1,50	1,50	1,49	1,496
T ₄	1,50	1,50	1,49	1,496

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	F _c	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,0003			
Traitement	4	0,0001	0,000025	1,25	5,99
Erreur	10	0,0002	0,00002		

$F_c < F_{th}$: pas de différence significative entre les traitements

La capacité d'échange cationique dans le sol ne varie presque pas.

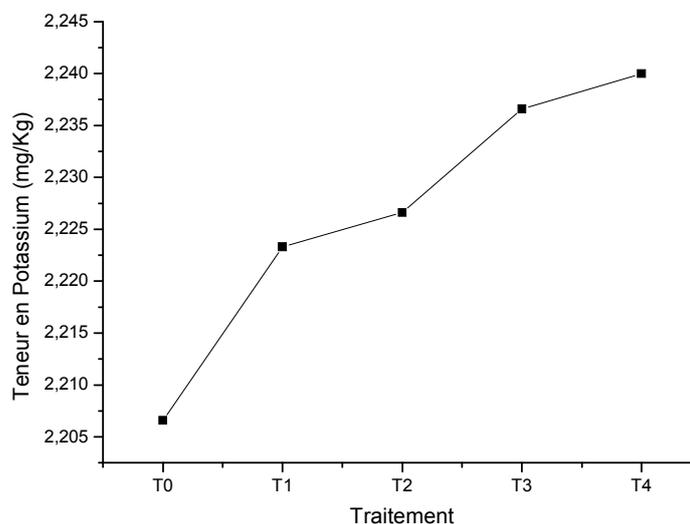
3.5 TENEUR EN POTASSIUM (MG/KG)

Traitements	Répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	2,21	2,20	2,21	2,2066 ^b
T ₁	2,22	2,23	2,22	2,2233 ^a
T ₂	2,22	2,23	2,23	2,2266 ^a
T ₃	2,23	2,24	2,24	2,2366 ^a
T ₄	2,24	2,24	2,24	2,2400 ^a

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,003			
Traitement	4	0,00273	0,0006825	25,28	5,99
Erreur	10	0,00027	0,000027		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 3: Variation de la teneur en potassium du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

Les ions K^+ sont libérés de leurs complexes dans l'eau grâce à la décomposition des déchets. Plus la teneur en matière organique diminue dans l'eau, plus celle du potassium augmente. Ceci est bénéfique pour les sols agricoles qui voient leurs teneurs en potassium améliorées. Cependant, le test LSD révèle que la différence est seulement très significative entre le bassin d'eau brute et le premier bio traitement

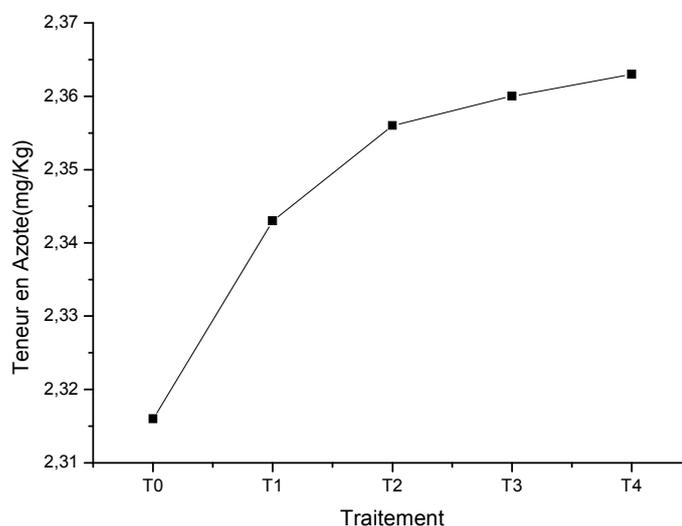
3.6 TENEUR EN AZOTE (MG/KG)

Traitements	Répétitions			moyenne
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	2,31	2,32	2,32	2,316 ^b
T ₁	2,34	2,34	2,35	2,343 ^a
T ₂	2,35	2,36	2,36	2,356 ^a
T ₃	2,35	2,37	2,36	2,360 ^a
T ₄	2,36	2,37	2,36	2,363 ^a

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,0048		21,5	5,99
Traitement	4	0,0043	0,001075		
Erreur	10	0,0005	0,00005		

$F_c > F_{th}$: différence significative entre les traitements



Graphique 4 : Variation de la teneur en azote du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

Une hausse de la teneur en azote est observée grâce à la décomposition de la matière organique par les microorganismes contenus dans l'eau mais aussi grâce aux bactéries symbiotiques situées au niveau des racines de vétiver. C'est donc une amélioration favorable à la culture maraîchère pratiquée à M'pozo.

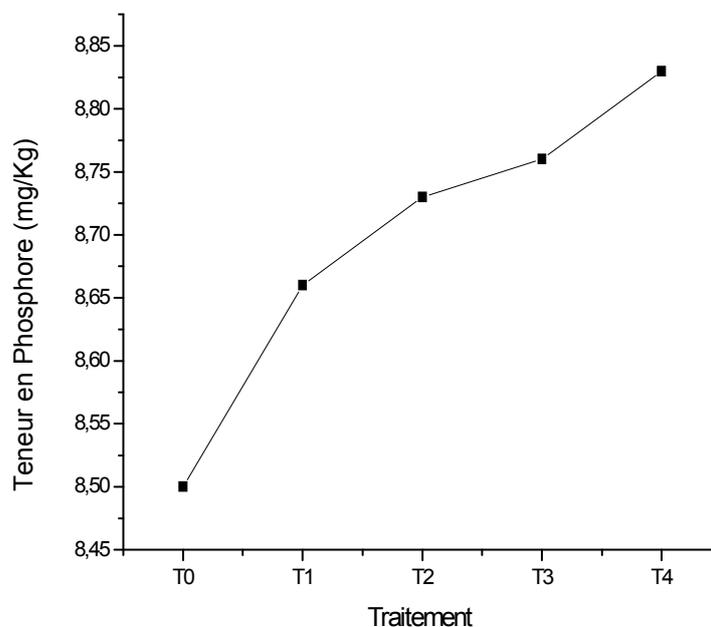
3.7 TENEUR EN PHOSPHORE (MG/KG)

Traitement	Répétition			moyenne
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	8,5	8,5	8,5	8,50 ^b
T ₁	8,6	8,7	8,7	8,66 ^a
T ₂	8,7	8,7	8,8	8,73 ^a
T ₃	8,7	8,8	8,8	8,76 ^a
T ₄	8,8	8,8	8,9	8,83 ^a

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,22			
Traitement	4	0,193	0,04825	17,87	5,99
Erreur	10	0,027	0,0027		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 5: Variation de la teneur en phosphore du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

La variation du phosphore est analogue à celle du potassium.

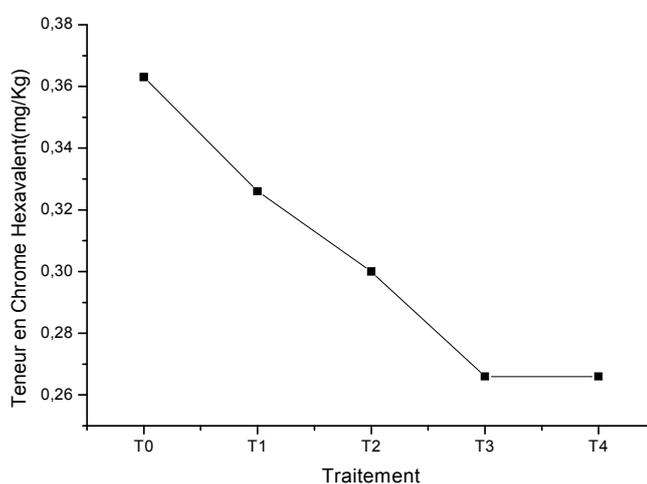
3.8 TENEUR EN CHROME HEXAVALENT (MG/KG)

Traitements	Répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	0,37	0,36	0,36	0,363 ^a
T ₁	0,33	0,33	0,32	0,326 ^b
T ₂	0,31	0,30	0,29	0,300 ^c
T ₃	0,27	0,27	0,26	0,266 ^d
T ₄	0,27	0,27	0,26	0,266 ^d

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,0233			
Traitement	4	0,0228	0,0057	114	5,99
Erreur	10	0,0005	0,00005		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 6: Variation de la teneur en chrome hexavalent du sol irrigué du bassin de M'pozo

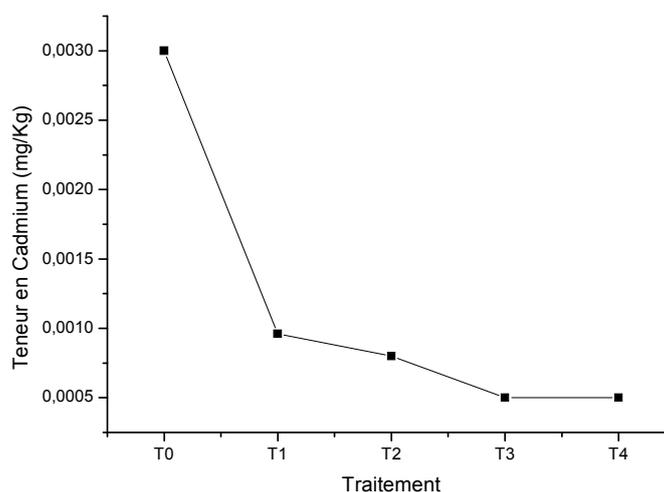
3.9 TENEUR EN CADMIUM (MG/KG)

Traitement	Répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	0,003	0,003	0,003	0,00300 ^a
T ₁	0,001	0,001	0,0009	0,00096 ^b
T ₂	0,0008	0,0008	0,0008	0,00080 ^c
T ₃	0,0005	0,0005	0,0005	0,00050 ^d
T ₄	0,0005	0,0005	0,0005	0,00050 ^d

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,0001323		3300	5,99
Traitement	4	0,0001322	0,0000033		
Erreur	10	0,00000001	0,000000001		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 7: Variation de la teneur en cadmium du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

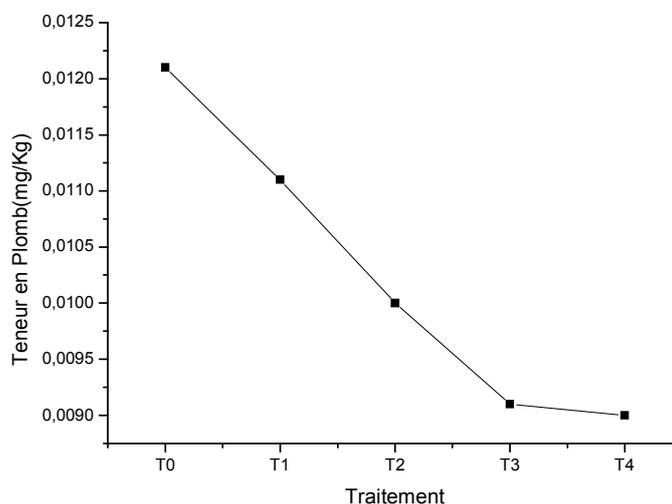
3.10 TENEUR EN PLOMB (MG/KG)

Traitements	Répétitions			moyennes
	R ₁	R ₂	R ₃	
T ₀	0,0122	0,0121	0,0120	0,0121
T ₁	0,0112	0,0111	0,0111	0,0111
T ₂	0,0101	0,0099	0,0100	0,0100
T ₃	0,0091	0,0091	0,0090	0,0091
T ₄	0,0091	0,0090	0,0090	0,0090

Tableau résumé de l'ANOVA

Source de variation	dl	SC	CM	Fc	F _{th} =F _{0,01}
Total	14	0,00002256		937,5	5,99
Traitement	4	0,00002250	0,000005625		
Erreur	10	0,00000006	0,000000006		

$F_c > F_{th}$: la différence est significative entre les traitements



Graphique 8: Variation de la teneur en plomb du sol irrigué du bassin maraîcher de M'pozo

Les teneurs en chrome, en cadmium et en plomb ont donné des différences remarquables et très significatives. Le sol arrosé avec de l'eau traitée contient sensiblement moins de métaux lourds que celui arrosé avec de l'eau brute et les écarts successifs de concentration sont importants. La décantation, la formation des biofilms et des complexes organométalliques contribuent à la fixation des divers polluants par le végétal. Mais pour obtenir un effet plus significatif par rapport à l'efficacité du végétal dans le processus de dépollution des eaux usées, il faut encore plus de temps pour permettre à la couverture végétale dans notre dispositif de lagunage d'atteindre sa maturité optimale.

4 CONCLUSION

Après avoir arrosé les cultures d'amarante *in situ* avec de l'eau traitée par lagunage au végétal, il a été remarqué une bonne amélioration de la qualité du sol. L'analyse des sols au laboratoire d'écotoxicologie et biotechnologie environnementale ERGS de l'Université de Kinshasa a permis d'illustrer l'impact de l'irrigation sur la qualité des sols et des eaux souterraines. Vu les conditions climatiques de Matadi où nous avons pu observer une pluviométrie faible de la fin du mois de février jusqu'au début du mois d'avril, l'impact sur le sol agricole de M'pozo a été étudié durant cette période propice au maraîchage. Notons que l'analyse des sols a été accompagnée des tests de germination *in vitro*.

En effet, ce travail a permis d'évaluer l'efficacité de bio traitement des eaux usées par lagunage au système vétiver et de déterminer son impact dans le processus de dépollution des sols agricoles.

REMERCIEMENTS

Au terme de nos investigations, nous avons l'honneur d'adresser nos remerciements à Grands Défis Canada pour le financement de ces travaux de recherche.

En outre, nous exprimons notre gratitude au Professeur LABANA, Recteur de l'université de Kinshasa et au Professeur PUNGA, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences pour avoir parrainé la présentation de notre projet de recherche ayant abouti à la réalisation de ce travail. Aussi serons-nous reconnaissants envers le Professeur PHUKU, Doyen de la Faculté des Sciences et le Professeur KIATOKO, Vice-Doyen Chargé de Recherche de la Faculté des Sciences Agronomiques pour leur accompagnement au cours de notre processus de recherche.

Nous ne manquerons pas de louer les efforts de toute l'équipe de recherche ayant participé à ce travail et la contribution combien importante de l'Association des Maraîchers de M'pozo de la ville de Matadi dans l'atteinte de nos résultats.

Particulièrement, nos remerciements s'adressent à Monsieur Jean-Marc NZEYIDIO, Maire de la Ville de Matadi pour son investissement dans la mise en place du dispositif de lagunage dans le bassin maraîcher de M'pozo et à tous les techniciens qui se sont donnés corps et âmes dans l'installation de cet ouvrage important.

Enfin, nous sommes reconnaissants envers la maison Zib-info pour le montage de notre vidéo de présentation du projet et envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

UNIVERSITE DE KINSHASA



REFERENCES

- [1] Bourgeois-Gavardin, J, 1985, Les Boues de Paris sous l'Ancien Régime. Contribution à l'histoire du nettoyage urbain au XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle, 2 Volumes, Paris : EHESS.
- [2] Chatzis, K, 2000, La pluie, le métro et l'ingénieur : contribution à l'histoire de l'assainissement et des transports urbains, Paris : L'Harmattan.
- [3] Dupavillon, C, 2001, Paris Côté Seine, Paris : Editions du Seuil.
- [4] Goudiaby, V, 2003, Le système vétiver, une solution efficace pour protéger et pérenniser les bassins de rétention, Dakar, CEES.
- [5] Goulbert, J-P, 1986, La conquête de l'eau, Paris : Robert LAFFONT.
- [6] Infos eau, 01/07/2009, Accès à l'eau, Afrique, assainissement, mortalité infantile, OCDE, traitement eau.
- [7] Isampu, W, 2005, Caractérisation des effluents municipaux et essais de bio épuration au *Moringa oleifera Lam* ; cas du quartier Kauka I dans la commune de Kalamu à Kinshasa, mémoire inédit, Fac des Sciences de l'Environnement, Université Cardinal Malula, Kinshasa.
- [8] Kitambala, K.A, 2006, Essai de traitement des eaux usées hospitalières par le procédé de stabilisation couplé à la biofiltration. Cas des cliniques universitaires de Kinshasa, Mémoire inédit, Dépt de l'Environnement, Fac des Sciences, Université de Kinshasa.
- [9] Organisation Mondiale pour la Santé, 2011, Guidelines for Drinking-water Quality, Genève, OMS.
- [10] Organisation Mondiale pour la Santé, 2012, Directives pour l'utilisation sans risques des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, Volume II Utilisation des eaux usées en agriculture, Genève, OMS.
- [11] Scherrer, F, 1992, L'Égout, patrimoine urbain. L'évolution dans la longue durée du réseau d'assainissement de Lyon. Thèse de doctorat d'urbanisme, Créteil : Université de Paris XII -Val de Marne.
- [12] Truong, P, Tan Van, T, et Pinners, E, 2009, Application du système vétiver, Une solution éprouvée et verte, Hanoi, Réseau international du vétiver.