



OPEN ACCESS

Revue Congolaise des Sciences & Technologies

ISSN: 2959-202X (Online); 2960-2629 (Print)

<https://www.csrndc.net/>**Gestion et voie de valorisation de l'effluent de l'industrie de production d'eau potable en fertilisant agricole : cas de la REGIDESO -Ndjili à Kinshasa****[Management and recovery of effluent from the drinking water production industry into agricultural fertilizer: case of REGIDESO -Ndjili in Kinshasa]****Kianawa Kinakina Danny^{1*}, Tangou Tabou Thierry², Lutonadio Kiala Genny¹ & Kazwenga Masawula Pascal¹**¹*Ecole Régionale de l'Eau (ERE) & Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin du Congo (CRREBaC), BP 117 Université de Kinshasa, R.D.Congo*²*Département de Chimie, Eau et Environnement, Université de Kinshasa, R.D. Congo.***Résumé**

La valorisation des effluents de l'industrie de production d'eau potable de N'djili en fertilisant agricole a été réalisée, le potentiel pouvoir fertilisant de ces effluents a été évalué sur la culture d'amarantus hybridus.L ; dans les objectifs de contribuer à sa gestion. Pour atteindre ces objectifs, les recyclages des effluents ont été réalisés par la flocculation à l'aide de cladode de figuier de barbarie, suivi des essais de fertilisation du sol avec le fertilisant produit à base de boue d'épuration, et les essais cultureaux, réalisés suivant un dispositif en carré latin complètement randomisé. Les analyses physico - chimiques et des éléments fertilisants majeurs ont été réalisés au laboratoire central de la Regideso, et les essais cultureaux au jardin expérimental de Biologie de l'université de Kinshasa. Les résultats de ces études nous montrent que le fertilisant produit à base des boues de décantation (Traitement T3) et le Traitement ayant bénéficié l'apport d'engrais chimique (Traitement T2) ont données des résultats similaires par apport aux témoins, ayant bénéficié l'apport de l'eau de robinet de la Regideso (Traitement T0). La véracité de résultat a été approuvée par le test statistique d'analyse de la variance au seuil de 5%. Sur base de ces résultats, le fertilisant produit à base de traitement de boue de sédimentation, peut être utilisée comme amendement agricole dans la culture maraîchère. D'où les effluents produit au complexe industriel de N'djili peuvent bien être valorisés en fertilisant agricole. .

Mots-clés : Effluent, Flocculation, fertilisant, Amarante, Dispositif randomisé.**Abstract**

The valorization of effluents from the drinking water production industry of N'djili into agricultural fertilizer was carried out, the potential fertilizing power of these effluents was evaluated on the cultivation of amaranthus hybridus.L; with the objectives of contributing to its management and valorization. To achieve these objectives, recycling of effluents was carried out by flocculation based on prickly pear cladode, followed by soil fertilization tests with the fertilizer produced from sewage sludge, and cultural tests were carried out following a completely randomized Latin square design.

Physico-chemical analyzes and major fertilizing elements were carried out at the Regideso central laboratory, and the cultural trials at the experimental Biology garden of the University of Kinshasa.

The results of these studies show us that the fertilizer produced from settling sludge (Treatment T3) and the Treatment having benefited from the addition of chemical fertilizer (Treatment T2) gave similar results when added to witnesses, having benefited from the provision of tap water from Regideso,2(Treatment T0). The veracity of the result was approved by the statistical test of analysis of variance at the 5% threshold. Based on these results, the fertilizer produced from the treatment of sedimentation sludge can be used as an agricultural amendment in market gardening. Hence the effluent produced at the N'djili industrial complex can be used as agricultural fertilizer.

Keywords: Effluent, Flocculation, fertilizer, Amaranth, Randomized device.

*Auteur correspondant : Kianawa Kinakina Danny, (dannykianawa5@gmail.com). Tél. : (+243) 815258107

<https://orcid.org/0009-0001-3691-5304>; Reçu le 29/11/2025 ; Révisé le 18/12/2025 ; Accepté le 02/01/2026

DOI : <https://doi.org/10.59228/rcst.025.v4.i4.212>

Copyright: ©2025 Kianawa et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

Le traitement de potabilisation d'eau de surface génère les sous - produits, notamment les effluents qui concentrent les matières minérales et organiques en suspension contenues dans les eaux brutes des rivières et les réactifs utilisés pour la clarification à savoir des sels d'aluminium ou de fer ; cela représente entre 15 et 30 grammes de matières sèches par mètre cube d'eau produite. Souvent ces effluents sont déversés directement dans l'environnement sans aucune opération préalable de traitement (Tangou T.T, 2018).

Dans ce monde où la demande en eau douce augmente sans cesse, et où les ressources en eau limitées subissent de plus en plus des contraintes du fait de la surexploitation, de la pollution et des changements climatiques, il est tout simplement impensable de négliger les opportunités qu'offre les nouvelles techniques de gestion des effluents. Les boues d'épuration des eaux usées urbaines résultant de l'épuration des eaux usées domestiques et industrielle, de par leurs compositions avant épuration, contiennent des éléments présentant une valeur économique qui justifient l'utilisation de celles-ci en tant que matières premières, ou contenant des éléments susceptibles de constituer un apport agricole ou comme combustible dans les unités de génération ou de cogénération de thermies.

Il existe des technologies permettant d'éliminer (ou d'extraire) ces polluants, mais dans certaines situations industrielles, leur principale limite est le coût (ONU- Eau, 2017).

Aux États-Unis, on estime que pour certains grands cours d'eau, l'eau a été utilisée et réutilisée plus de 20 fois avant d'atteindre la mer. Des matières utiles peuvent être récupérées, telles que les minéraux (phosphates) et les métaux. La boue résiduelle pourrait produire du biogaz, le fertilisant agricole, ou peut n'avoir seul destin que l'élimination (ONU-Eau, 2017). Une étude a été faite sur la valorisation des boues de potabilisation d'eau de France, il en découle que 60 % sont utilisées pour l'agriculture, 25 % vers la décharge et 15 % incinérées, en France 200.000 km² de surface cultivée utilisent les boues d'épuration (Ngadi N, et al. 2023).

Bien que des efforts considérables aient été consentis depuis les années 1970 par les pays développés dans le but d'améliorer le traitement des eaux usées, le rejet d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées demeure une préoccupation dans bon nombre de parties du monde, surtout dans les

pays en développement ou ceux dont l'économie est en transition. Dans le cas des pays en développement, plus de 95 % d'eaux usées sont rejetées dans l'environnement sans traitement.

La dégradation de l'eau s'aggrave dans la plupart des fleuves d'Afrique, d'Asie et d'Amérique Latine (ONU- Eau, 2017). La République Démocratique du Congo (RDC) ne fait pas exception face à ce problème, en effet, en RDC la plupart des industries considèrent les cours d'eau comme étant les drains par lesquels tout doit être évacué, ainsi les effluents liquides provenant de diverses industries de la ville sont déversés sans aucune opération préalable de traitement avant rejet (Musibino, 2001).

Par nos observations sur la chaîne de traitement d'eau potable du complexe industriel de N'djili (usine de N'djili), (Figure I, ci- dessous), nous avons constaté que le 100 % des effluents produits sont déversés directement dans la nature, la gestion des effluents fait l'objet de moins d'attention face aux défis liés à la gestion des eaux douces et l'environnement. Ainsi, le choix et la motivation de notre travail qui s'oriente à proposer des solutions aux problèmes de gestion et valorisation des effluents de l'usine de N'djili. Notre étude cherche à répondre à la question de comment valoriser les effluents du complexe industriel de N'djili ? Partant de l'hypothèse que les effluents du complexe industriel de N'djili sont des ressources valorisables. Avec l'objectif de développer une technologie de valorisation des effluents en fertilisant agricole

La figure 1, ci-dessous nous présente les étapes de traitement d'eau potable à l'usine de N'djili:



Figure I. La chaîne de traitement d'eau potable du complexe industriel de N'djili.

Source : Auteur, (2023).

Sur base de la figure 01 ci- dessus, nous avons observé que, la gestion des effluents fait généralement l'objet

de moins d'attention à l'usine de n'djili, par rapport aux défis liés à la qualité et approvisionnement en eau douce, c'est ce qui a motivé notre travail ; afin d'éveiller les décideurs pour prendre en compte la gestion des effluents

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieux

Le présent travail s'est effectué dans la ville de Kinshasa, plus précisément dans le district de Mont - Amba. Nos analyses physico-chimiques et des éléments fertilisant majeurs ont été faits au laboratoire central de la REGIDESO et nos essais cultureaux dans l'enceinte du jardin expérimental du département de Biologie de la Faculté de Sciences et Technologie de l'Université de Kinshasa. Cette étude a été menée du 10 Juin au 26 Octobre 2023, incluant toutes les activités culturelles. Selon la classification de Koppen, le climat de la ville de Kinshasa appartient au type AW4 (climat tropical avec quatre mois de saison sèche). Il se caractérise par deux saisons : l'une pluvieuse qui se tend d'octobre à mai, soit 8 mois entre coupé par une petite saison sèche vers décembre - janvier, et l'autre sèche pendant quatre mois, soit de juin à septembre. La saison sèche dure 4 mois, avec une précipitation annuelle qui varie de 1000 à 1500 mm (Makoko et al., 1991). La température moyenne varie entre 21° à 26°C pendant la saison sèche et de 26° à 32°C en saison de pluie. L'humidité relative de l'air est maximale en avril et mai ; elle est minimale en septembre et à la fin de la saison sèche. Le sol de la colline du Mont - Amba est sableux dans l'horizon superficiel et sa structure est fine, de coloration brun foncée - ocre ou ocre-jaune et de composition meuble. Ce sol est très poreux ; à consistance faible, à l'état frais. Son profil pédologique est du type A - C avec un horizon "A" humifier, son pH est de 4,3 (Makoko et al., 1991).

La figure ci-dessous nous présente, la carte du district de Mont-Amba et nos sites d'investigations, vue sur satellite à l'aide du logiciel Google Earth :



Les feuilles de figuier de barbarie de l'espèce *Opuntia ficus indica* L. ont été cueillies au sein du jardin expérimental de Biologie de la faculté de sciences et Technologies de l'Université de Kinshasa.

Les semences d'amarante de l'espèce *Amaranthus hybridus* L. achetées au Centre de Production de semences maraîchères (CEPROCEM) sise au Numéro 1626 de l'avenue Budjala, dans la commune de Mont - Ngafula à Kinshasa. Le choix de cette espèce est dû à sa possibilité d'être cultivées pendant toute l'année et à son adaptation aux conditions climatiques et édaphiques des régions tropicales.

2.2.2. Echantillonnages des effluents

Les échantillons des effluents industriels ont été prélevés dans le principal canal collecteur de rejets d'eaux usées venant du complexe industriel de traitement d'eau potable de N'djili, et conditionnée dans les bidons en plastiques. Ces effluents sont les eaux usées de: purges de décanteur, saturateur, nettoyages de filtres, de laboratoire et autres eaux usées des ouvrages. Après ces échantillons ont été caractérisé suivi de la sédimentation à l'aide de cladode de figuier de barbarie, pour avoir la boue plus concentrée.

Pour atteindre les objectifs assignés, nous avons fait recours à deux techniques sur le terrain, à savoir : Observations directes et échantillonnages des effluents, ces échantillons ont été prélevés dans le principal canal collecteur des effluents du complexe industriel de traitement d'eau potable de N'djili, situe sur 17ème Rue, Limete/ Kingabwa à Kinshasa.

Les coordonnées géographiques de point d'échantillonnage des effluents sont consignées dans le tableau I, ci - dessous :

N°	Nom du site	Latitude	Longitude
1.	Canal collecteur des effluents	5°30'39,8"S	15°16'09,5"E

Source : *Google Earth*, (2023).

2.3 Analyse de paramètres physico- chimiques et des éléments fertilisant mangeurs

Toutes nos analyses ont été faites au laboratoire central de la REGIDESO à Kinshasa, dont les procédés constituent la base du protocole d'analyses est (Rodier et al.2009). Les paramètres physico-chimiques et dosage des éléments fertilisants majeurs analysés sont : Turbidité; Couleur ; pH à l'aide d'un pH mètre ; Température à l'aide d'un Thermomètre ; (Tous de

marque ANNA) ; Chlorures et Indice permanganate (par titrage), Phosphates; Nitrites, Nitrates ; Sulfates et des éléments fertilisants majeurs (NPK); à l'aide de spectrophotomètre DR-3900; Conductivité et TDS à l'aide d'un multi paramètre de marque Santorius.

Quant aux essais expérimentaux, la suivie des Paramètres végétatives suivants nous ont permis d'évaluer l'effet des différents fertilisants sur la croissance d'amarante :

- Hauteur des plantes (en centimètre) : mesurée à l'aide d'une latte graduée, du collet jusqu'au point d'insertion de la dernière ébauche foliaire;
- Diamètre au collet (en millimètre) : mesuré à l'aide d'un pied à coulisse électronique,
- Poids de la plante entière (en gramme) : pesé à l'aide d'une balance électronique de précision juste après la récolte.

2.4. Plant expérimental

Pour réaliser nos expérimentations, nous avons utilisés un dispositif en carré latin randomisé contenant des sols non traités, avec comme éléments : cinq répétitions comportant chacune dix traitements, y compris les traitements témoins, comme le montre le tableau II ci-dessous.

Les traitements étaient constitués de dose de différents fertilisants utilisés par parcelle : 2,99 g de NPK (17-17-17) ; 2,99 g de fertilisant obtenu à base de recyclage des effluents, 150 ml des effluents brutes, 150 ml de surnageant des effluents et 150 ml d'eau de robinet de la Regideso. Chaque répétition comportait dix (10) parcelles correspondant aux traitements étudiés, soit un total de 50 parcelles.

Le dispositif expérimental de nos investigations est présenté dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau II. Dispositif expérimental

N°	T	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
2	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
3	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
4	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
5	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
6	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
7	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
8	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
9	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
10	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	

Source : Auteur (2023).

Légende : T : Traitement,

T₀ : Traitement Témoin 1, n'ayant connu que l'arrosage de l'eau traitée de la REGIDESO,

T₁ : Traitement ayant connu l'application des effluents bruts,

T₂ : Traitement ayant connu l'application d'engrais chimique NPK (171717),

T₃ : Traitement ayant connu l'application de fertilisation produit à base des effluents,

T₄ : Traitement ayant connu l'arrosage de surnageant des effluents.

2.4.1 Conduit expérimental

Pendant l'expérimentation, les opérations suivantes ont été réalisées:

1. Préparation du germoir - pépinière ; Le germoir-pépinière ont été aménagées dans un espace de terrain, sous ombrage en vue de protéger les plantules contre les fortes insolations et potentiel battante des pluies et ont été régulièrement arrosés en vue de maintenir l'humidité à un seuil susceptible d'induire la germination des graines et d'obtenir des plantules vigoureux.

2. Prélèvement et Préparation des échantillons du sol. Les échantillons constitués de couche arable du sol, étaient prélevés à côté du jardin expérimental, à une profondeur de plus au moins 10 cm ; une fois prélevé puis homogénéisé à la main, le sol était tamisé à l'aide d'un tamis ayant 6 mm des mailles ; ce sol était mis dans le sachet en polyéthylène de 20 cm de hauteur et 18 cm de diamètre en raison de 4 kg par sachet. Le sol était chargé dans le sachet 10 jours avant la transplantation, il avait un pH = 5.2. Au total 150 sachets en raison de 50 sachets par essais ont été utilisés.

2.4.2. Mise en place et fertilisation de culture

a. Transplantation et fertilisation de culture

Les jeunes plantes d'amarante provenant du germoir après 2 semaines de semis, ont été mises en place définitivement par transplantation (repiquage) le même jour dans les sachets en polyéthylène contenant le sol, au moment où ils portaient au moins 2 feuilles bien déployées. Au total il y a eu 120 sachets remplis du sol sur lesquels ont porté les différents traitements de fertilisants et 30 autres arrosés par l'eau de la REGIDESO. Quant à l'application des fertilisants ; ont été appliqués une seule fois, 10 jours avant la transplantation, en raison de 2,99 g de fertilisant produit à base des effluents et 2,99 g d'engrais chimique NPK (17-17-17).

b. Soins cultureaux et entretien

Les opérations de soins culturaux et entretien se sont résumés aux :

Le sarclage manuel : Il était effectué chaque semaine, a consisté à la suppression des mauvaises herbes dans les parcelles expérimentales afin de maintenir la propreté dans l'espace.

L'arrosage : l'apport de l'eau de la REGIDESO se faisait tous les jours et dans toutes les parcelles par un arrosage au goulot. Les quantités d'eau apportées étaient de 15 litres à une fréquence de deux fois par jours.

c. Récolte

La récolte a eu lieu le 23eme jour après la transplantation, cela se faisait par arrachage des plantes d'amarante.

Les coordonnées géographiques de notre site expérimental sont consignées dans le [tableau III](#) : ci-dessous.

[Tableau III.](#) Coordonnées géographiques de notre site expérimental

N°	Nom du site	Latitude	Longitude
1	Jardin expérimental de biologie	5°14'55"S	14°53'34"E

Source : [Google Earth, \(2023\)](#).

2.5. Analyses statistiques

La véracité des résultats a été établie grâce à l'analyse de la variance (ANOVA). Le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS) était réalisé à la probabilité 5% pour la comparaison des moyennes ([Kizungu, 2022](#)).

Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Statistix 10.0. Selon le test de la plus petite différence significative (PPDS) appliqué au seuil de 5% de probabilité ; les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes et celles qui sont suivies des lettres différentes sont statistiquement différentes.

N°	Elément	Unité	Effluent brut	Surnageant d'effluent	Boue d'effluent
1	N - NH ₃	mg /L	1,75	0,03	3,6
2	K	mg /L	3,23	1,2	2,6
3	P	mg /L	0,42	0,033	3,09

([Source : Auteur 2023](#)).

Légende : - (*): Pas de norme trouvé ; - TDS : Taux de solide dissout ; - pH : Potentiel d'hydrogène; - IP : Indice permanganate ; - NTU : Unité nefrolometrie de turbidité ; - °C : Degré Celsius ; - ptco : Platine cobalt.

3. Résultats

Les résultats de paramètres physico - chimiques des effluents avec les directives d'OMS, sont consignés dans [le tableau IV](#) ci-dessous.

[le tableau IV.](#) Paramètres physico - chimiques et les références de directive de rejet de l'OMS Les résultats des éléments minéraux majeurs (NPK), dans les effluents sont consignés dans [Le tableau V](#) ci-dessous.

[Le tableau V.](#) Eléments minéraux majeurs dans les effluents et dans la boue.

N°	Paramètre	Unité	Effluent brut	Surnageant d'effluent	Norme de rejet
1	Couleur	ng /l Ptco	436	11	Incolore
2	Odeur	-	inodore	inodore	inodore
3	Turbidité	NTU	268	4,26	*
4	Température	°C	28,1	28,6	< 30°C
5	Conductivité	μs /cm	1864,6	1284	*
6	TDS	mg/L	950	680	*
7	pH	-	6,8	6,9	6,5 - 6,8
8	IP	mg d'O ₂ /L	34,7	2,0	*

Légende : N - NH₃ : Azote ammoniacal, K : Potassium et P : Phosphores. ([Source : Auteur 2023](#)).

les essais culturaux

[3.1. Les résultats de l'Hauteurs moyennes des plantes d'amarante à la récolte](#)

Traitemen	1 ^{er} Essai	2 ^{ème} Essai	3 ^{ème} Essai	Moyenne
T ₀	9,3180 C	10,053 C	10,053 C	9,808 C
T ₁	10,588 C	8,8600 C	8,8600 C	9,436 C
T ₂	20,138 A	16,319 A	16,319 A	17,592 A
T ₃	12,772 B	12,710 B	12,710 B	12,730 B
T ₄	8,9000 C	8,2280 C	8,2280 C	8,452 C
LSD (5%)	2,5382	2,0008	2,0008	2,1799
CV	22,83	19,77	19,77	20,79

3.1.2. Paramètres physico - chimiques

Tableau VI. Paramètres physico-chimiques de l'effluent avant et après le traitement avec les directives de rejet OMS (2016) et le Taux d'abattement:

N°	Paramètre	Unité	Effluent brut	Effluent traité	Norme de rejet	Taux d'abattement %
1.	Turbidité	NTU	268	4,3	*	98,39
2.	Température	° C	28,1	28,6	< 30° C	- 1,77
3.	Conductivité	µs/cm	1864,6	1284	*	31,13
4.	TDS	mg/L	950	680	*	28,4
5.	pH	-	6,8	6,9	6,5 - 8,5	- 1,47
6.	Dureté	mg caco ₃ /L	2,76	1,4	*	49,27
7.	IP	mg d'O ₂ /L	34,7	2,0	*	94,23
8.	TA	mg caco ₃ /L	0,0	0,0	*	0,0
9.	TAC	mg caco ₃ /L	67,3	1,7	*	97,47

Légende : (*) Pas de norme trouvé (Auteur, 2023).

Turbidité : Nous avons les valeurs ; de l'effluent brut : 268NTU, celui de l'effluent traité : 4,3 NTU,

Température: Selon la directive de l'OMS pour le rejet des effluents, la température doit être < 30° C. L'effluent brut : 28,1°C, et après le traitement : 28,6°C, Conductivité : De valeurs obtenues pour la minéralisation des échantillons de l'effluent brut est de : 1864,6 µs/cm et pour l'effluent traité : 1284 µs/cm, Taux de solide dissout (TDS) : De valeurs obtenues de l'effluent brut est de : 950 mg/L et de : 680 mg/L pour l'effluent traité,

Potentiel d'hydrogène : Selon le directive de l'OMS pour le rejet des effluents, le pH doit être compris entre

6,5. Le pH de l'effluent brut est de 6,8 et celui de l'effluent traité est de 6,9.

Dureté totale : nous avons une dureté de : 2,76 mg/L CaCO₃ pour l'effluent brut, et de : 1,4 mg/L CaCO₃ pour l'effluent traité.

Les autres paramètres tels que : - Indice permanganate: l'effluent brut : 34,7 mg d'O₂ /L et l'effluent traité 2,0mg d'O₂ /L; - le titre alcalimétrie : l'effluent brut : 0,0 mg/L, et l'effluent traité aussi 0,0 mg/L ; - le titre alcalimétrie complet : l'effluent brut : 67,3 mg/L, et l'effluent traité 1,7 mg/L.

3.1.3. Paramètres indicateurs de pollutions et des substances indésirables

Tableau VII. Paramètres de pollution et substances indésirables des effluents avant et après le traitement, la directive de l'OMS et le taux d'abattement

N°	Paramètre	Unité	Effluent brut	Effluent traité	Directive de rejet	Taux d'abattement %
1	DBO ₅	mg/L	8,3	2,3	< 30 mg/L	72,28 %
2	DCO	mg/L	87,5	15,13	< 90mg/L	82,7 %
3	MES	mg/l	1,22	0,01	< 20mg/l	99,1 %
4	Ammoniac	mg/L	1,2	0,026	< 0,5	98,26 %
5	Nitrates	mg/L	1,0	0,07	< 1mg/L	95,33 %
6	Nitrites	mg/L	0,4	0,02	< 0,5mg/L	95 %
7	Aluminium	mg/L	0,473	0,137	*	71,03 %
8	Sulfates	mg/L	45	7,0	*	84,44 %
9	Phosphates	mg/L	0,2	0,033	< 2mg/L	85 %
10	Chlorures	mg/L	36,45	8,9	*	75,58 %

Légende : - (*) : pas de norme, - (<) : Inferieur (OMS, 2016).

1. Demande biochimique en Oxygène en 5 jours, (DBO₅) : La norme pour le rejet des effluents exige une DBO₅ < 30 mg/L (OMS, 2016). A la lecture de résultats de nos échantillons nous avons les valeurs de DBO₅ de 8,3 mg/L pour l'effluent brut et de 2,3 mg/L pour l'effluent traité.

2. Demande Chimique en Oxygène (DCO) : La norme pour le rejet des effluents exige une DCO < 90 mg/L. A la lecture de résultats nous avons les valeurs de DCO de : 87,5 mg/L pour l'effluent brut et de : 15,13 mg/L pour l'effluent traité.

3. Les autres paramètres tels que :

- Matière en suspension : l'effluent brute : 1,22 mg/L et l'effluent traité : 0,01 mg/L ,

- Ammoniac : l'effluent brut 1,2 mg/L et l'effluent traité ; 0,026 mg/L ,

- Nitrates : effluent brut : 1,0 mg/L et l'effluent

traité : 0,07 mg/L ,
 - Nitrites : Effluent brute : 0,4 mg/L et celle de l'effluent traité : 0,02 mg/L ,
 - Aluminium : Effluent brute : 0,473 mg/L et celle de l'effluent traité : 0,137 mg/L ,
 - Sulfates : Effluent brute : 45mg/L et celle de l'effluent traité :7,0 mg/L ,
 Phosphates : Effluent brute 0,2 mg/L et celle de l'effluent traité : 0,033 mg/L,

Tableau VIII. Résultat du jar test avec la solution de gel de figuier de barbarie de l'effluent brut après le traitement avec la solution à base de gel de figuier de barbarie

Béchers	1	2	3	4	5	6
Paramètres						
Bio flocculant	21	22	21	24	25	26
Turbidité	7,5	6,2	5,2	4,8	5,4	8,6
pH	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Couleur	18	18	15	12	15	20
IP	6,0	6,3	5,0	2,0	5,0	6,5
TA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TAC	35	35	43	45	44	45

(Auteur, 2023).

Légende: T0 : traitement ayant subi l'arrosage que de l'eau traité de la REGIDESO (Témoins), T1 : Traitement ayant subi l'arrosage des effluents bruts,

T2 : Traitement ayant subi l'application d'engrais chimique N.P.K (17.17.17),

T3 : Traitement ayant subi l'application de fertilisant produit à base des effluents de l'usine de N'djili,

T4 : Traitement ayant subi l'arrosage de le surnageant des effluents de l'usine de N'djili, LSD: Leastsign significative différence (Plus petite différence significative),

CV : Coefficient de variance

3.2. Les résultats de Diamètre au collet de plantes d'amarante à la récolte (en mm).

Tableau IX. Diamètres au collet des plantes d'amarante à la récolte

Traitement	1 ^e Essais	2 ^e Essais	3 ^e Essais	Moyenne
T ₀	40.000 C	38.100 C	4,7954 C	27,6318 C
T ₁	41.600 C	37.300 C	3,8294 C	27,5764 C
T ₂	65.100 A	56.100 A	16.126 A	45,7753 A
T ₃	49.800 B	46.700 B	8,3341 B	34,9447 B
T ₄	39.800 C	38.000 C	4,0413 C	27,2804 C
LSD (5%)	2,3040	5,4707	2,3040	3, 3595
CV	14,05	14,05	14,05	14,05

Source : Auteur (2023).

Légende : voir tableau IX. Ci - haut.

3.3. Les résultats de Poids frais des plants d'amarante entier à la récolte (en gramme).

Les résultats de Poids frais des plants d'amarante entier à la récolte sont consignes dans le tableau X ci-dessous:

Traitement	1 ^e Essais	2 ^e Essais	3 ^e Essais	Moyenne
	3,6089 C	4,7954 C	4,7954 C	4,3999 C
T ₁	3,9239 C	3,8294 C	3,8294 C	3,8609 C
T ₂	17,432 A	16,126 A	16,126 A	16,5613 A
T ₃	7,2801 B	8,3341 B	8,3341 B	7,9827 B
T ₄	5,5506 C	4,0413 C	4,0413 C	4,5443 C
LSD (5%)	3,6557	2,3040	2,3040	2,7545
CV	53,69	34,45	34,45	40,863

Légende : Cfr. Le tableau X. Ci - dessus.

Source : Auteur (2023).

4. Discussion

La diminution de paramètres physico - chimiques serait due à la précipitation de particules en suspension et dissouts des effluents, cela se justifie par l'effet cladode de figuier de barbarie sur les paramètres physico - chimiques des effluents bruts de l'usine de N'djili.

Le résultat des éléments minéraux nous révèle que les quantités des éléments minéraux dans les effluents à un taux élevé de potassium, suivi d'ammoniac et de phosphores, et dans les effluents traités ; le potassium suivi de phosphores et d'ammoniac, d'où on peut bien utiliser la boue comme amendement du sol pour l'agriculture. Pour les paramètres agronomiques étudier : Hauteur de plante, Diamètre au collet et le poids frais de plante entier d'amarante a la récolte. Les résultats induits par les différents traitements nous renseignent que les rendements le plus élevés est obtenu au traitement (T2), c'est-à-dire le traitement ayant subi l'application d'engrais chimique N.P.K (17.17.17). Tandis que le fertilisant produit par la valorisation des effluents de l'usine de N'djili (T3) est venu en première position par rapport aux traitements (T1), (T4) et (T0). Nous remarquons que pour les paramètres étudiés, les moyennes d'observations par traitement peuvent se classer suivant cet ordre croissant : T4 < T1 < T0 < T3 < T2. A partir de tableaux des

analyses de variance, nous constatons que, tous les traitements n'ont pas subi les mêmes effets d'amendements.

Le Traitement (T2), c'est-à-dire le traitement ayant subi l'application d'engrais chimique N.P.K (17.17.17) et le traitement ayant bénéficié le fertilisant produit par la valorisation des effluents de l'usine de N'djili (T3) sont statistiquement différentes.

A la fin de nos expérimentations, nous avons réalisés quelques observations :

Sur le plan agronomique ; Pendant la phase de croissance des amarantes : Les traitements ayant connus l'application d'engrais chimiques (T2), les plantes ont connus un accroissement plus rapide que les autres traitements ; cela est valable pour tous les paramètres végétatifs étudiés, les différences se remarquent déjà dès le 8e jour après la transplantation, mais vers la fin, le 20e jour, ils manifestèrent quelques taches de brulis aux feuilles. Les traitements ayant connus l'application des effluent bruts (T1), bien que comparativement aux autres traitements le test statistique ne le confirme pas, ils ont connu le brulis de quelques feuilles le 6 e jour après l'application des effluents bruts, leurs tiges et feuilles étaient moins tendre, moins verdâtre, résistant au touchés et dure en coupant, Cela se justifie par la composition même de boue des effluents qui a une concentration élevée d'acide et de réactif de clarification d'eau qu'on, (le sulfate d'alumine) ; la dureté trouvée dans les effluents de 2,76 mg/l, tous ceci nous confirme que ces effluents ne sont pas facilement traitables par des moyens biologiques, il nécessite un apport externe des microorganismes acclimatés pour sa stabilisation. Les traitements ayant connu l'application de fertilisant produit à base de recyclage des effluents de l'usine de N'djili (T3), bien que ayant présentés des valeurs inférieures par rapport au traitement ayant bénéficié l'application d'engrais chimiques (T2), pour tous les paramètres végétatif considéré, en plus le test statistique le confirme qu'il n'y a pas de différences significatives avec le traitement (T3), au seuil de 5% ; leurs tiges et feuilles étaient tendre, verdâtre, cela se justifie par un apport externe des microorganismes du sol qui facilite l'assimilation continue des éléments nutritifs pour les plantes. Les traitements ayant connu l'application de surnagent des effluents (T4) ont donnés les résultats le plus faibles par rapport au traitement (T3) et (T2).

Ces résultats sont en accord à celui de Ngadi N, (2023), sur la caractérisation physico - chimiques des boues de potabilisation d'eau de Kinshasa et ses effets

sur le sol et les cultures maraîchères à Kinshasa; en effet, l'auteur avait mis en évidence les effets de boues de potabilisation de la ville de Kinshasa sur l'amélioration de sol et le rendement de culture d'amarante dans la ville de Kinshasa.

Pour paramètres physico-chimiques des effluents.

Après l'analyse de paramètres physico-chimiques, qui nous donne: - la couleur : de 436 ptco ; - la Turbidité : de 268 NTU ; - pH : 6,8 ; - la conductivité : de 1864,6 μ s/cm et l'indice permanganate : de 34,7 mgO2/L.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Tangou T.T, 2018 ; en effet l'auteur avait démontré que les effluents de potabilité ne sont pas polluant si les déversements se fait a de faible dose et fréquence mais à l'opposé il crée des ennuis dans la cours d'eau réceptrice

5. Conclusion

Notre travail a consisté à la valorisation des effluents du complexe industriel de production d'eau potable de N'djili en fertilisants agricoles, dans les objectifs de contribuer à résoudre les problèmes de rejet des effluents industriels non traité dans nos cours d'eau et d'accessibilité aux engrains assimilable auxquels sont butés les maraîchers de la ville de Kinshasa.

Les effluents industriel auquel s'est porté notre choix ont été caractérisés et concentré sédimentation; compte tenu des effets qu'il peut exercer dans la culture maraîchère. Il ressort de ces investigations que les effluents recyclés, ont une action fertilisante sur la culture des amarantes, cela se confirme par le rendement de plantes trouvé après les cultures.

En effet, après analyse et expérimentation il se révèle : D'une part : les rejets des effluents de l'usine de N'djili, ne sont pas directement toxiques pour l'environnement mais du fait de l'importance des volumes produits et du caractère extrêmement ponctuel de l'exutoire, dans un premier temps, ils produisent localement une nuisance en particulier pour la transparence et la turbidité de l'eau.

D'autre part : le fertilisant agricole ainsi obtenu, est un fertilisant solide il se présente en poudre, accuse la présence de trois éléments fertilisants majeurs dans l'ordre croissant : Azote (N) 3,6 mg ; Phosphore (P) 3,09 mg et Potassium (K) 2,6 mg , C'est un fertilisant composé à prédominance d'azote ; il a été évalué sur la culture d'Amanthus hubridis L., pendant 23 jours, et a été comparé à l'engrais chimique usuel, à savoir NPK (17, 17,17), l'arrosage de l'eau de la REGIDESO a servis de traitements témoins. Ainsi trois paramètres

végétatifs : la hauteur, le diamètre au collet et le poids entier de plante d'Amanthus hubridis ont été évalués à la récolte.

Quant aux résultats obtenus ; il a été constaté que les plantes se sont comportés différemment selon le type de fertilisant utilisé ; le test statistique appliqué pour ces trois paramètres confirme qu'il n'y a pas des différences significatives entre les traitements ayant connus l'application d'engrais chimique (T2) et celui de fertilisant à base des effluents de l'usine de N'djili (T3). Pour les trois paramètres végétatifs considérés ; c'est le traitement ayant bénéficié l'apport d'engrais chimique N.P.K (171717) qui est apparu le meilleur, celui de fertilisant à base de recyclage des effluents de l'usine de N'djili (T3) est venu en deuxième position, le test statistique d'ANOVA au seuil de 5 %. Confirme qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements (T3 : Les fertilisants produits à base des effluents) et (T2 : traitements ayant connus l'application d'engrais chimique). Les restes de traitement sont statistiquement différents.

Les fertilisants produits à base des effluents ont eu des effets sur la croissance des plantes d'Amaranthus hybridus.L.

Les résultats du test statistique d'ANOVA ont confirmés que les valeurs obtenues n'étaient pas aberrantes est que les résultats et les appareils d'analyses avaient une bonne précision. Le fertilisant agricole produit à base des effluent est un engrais solide fiable pour la culture maraîchère peut être utilisé comme engrais minéral.

Les essais expérimentaux ainsi menés vont dans le même sens que ceux rapportés à la littérature où les boues des effluents contiennent des éléments susceptibles de constituer un apport agricole.

Dans ce contexte la valorisation des effluents du complexe industriel de N'djili présente un double avantage :

- D'une part : elle permet la production fertilisant agricole avec la boue de sédimentation,
- D'autre part, elle contribuer à minimiser l'impact de rejet des effluents dans nos cours d'eau naturelle ; ainsi contribue à la gestion durable des ressources en eau douce du bassin du Congo.

Recommendations

Il est important que les études se poursuivent pour d'autres orientations sur la destinée finale de la boue après le traitement des effluents, notamment :

- Pour recycler et valoriser le concentré de sulfate d'alumine contenue dans les boues des effluents,
 - Pour les analyses de la qualité bactériologique de surnageant obtenu après la sédimentation de boue,
 - Pour produire une source d'énergie à base de la boue des effluents,
- Pour la fertilisation agricole des autres espèces végétales sauvage et arbre fruitier.

Avec ses investigations, nous pensons avoir apporté notre modeste contribution dans la gestion durable des ressources en eau du bassin du Congo, ainsi contribuer aux objectifs de développement durable(ODD) des nations unies à l'horizon 2030, a la cible 6.3 sur la gestion des eaux usées

Remerciements

Cette recherche a été réalisée dans le cadre de notre formation au Programme International de Master en Ressources en Eau organisée à l'Ecole de Régionale de l'Eau (ERE) de l'Université de Kinshasa. Les auteurs remercient la direction de l'ERE sans oublier les autorités de la Regideso et du jardin expérimental de Biologie de la Faculté des sciences et nouvelle Technologie de l'Université de Kinshasa.

Financement

Ces investigations n'ont pas bénéficiés le financement

Conflit d'Intérêt

Il n'y a aucun conflit d'intérêt

Considérations d'Ethiques

Les auteurs ces sont engagés dans la participation volontaire, au respect de l'autonomie du sujet, la confidentialité de résultats et à la communication jusqu'à la publication.

Contributions des Auteurs

KKD : dans la conception, collecte de données, analyses et interprétation, essais expérimental et rédaction de la version finale.

KMP : a contribué à l'interprétation des résultats et à la relecture critique du manuscrit,

LKG : a contribué à la collecte des données et à l'analyse statistique,

BBG : a contribué dans la correction et discussion de la version finale,

Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

R.M.T. : a validé et dirigé le projet de recherche.

ORCID des auteurs

- Kianawa K.D : <https://orcid.org/0009-0001-3691-5304>
- Kazwenga M.P: <https://orcid.org/0009-0007-0694-3877>
- Lutonadio K.G: <https://orcid.org/0000-0003-1132-2462>
- Bola B.G : <https://orcid.org/0000-0002-3072-4646>

Références bibliographiques

- Jean R., Bernard, L.,& Merlet, N. (2016), *L'Analyse de l'eau ; Contrôle et Interprétation*, Ed. Dunod, 10ème édition, 1806, Paris France.
- Makoko, M.(2001),Les sols du Mont-Amba : caractérisation pédologique, mécanique et stock en eau. *Revues Zaïrois des sciences nucléaires*, 12(1991), 72-94.
- Ndembo, L., & Nsimba, M., (1991), Les sols du Mont-Amba : caractérisation pédologique, mécanique et stock en eau. *Revues Zaïrois des sciences nucléaires*, 12(1991), 72-94.
- Musibono, E.A.D., (1987), *Valorisation des drèches de brasserie en aquaculture à la prairie, Notre-Dame de l'Assomption, une valorisation de déchets industriels*,[Mémoire, D.E.S, Environnement, Kinshasa UNIKIN].
- Mutombo, M.G.(2010), Aperçu technologique sur l'horticulture urbaine et périurbaine de la RDC, cas de la ville de Lubumbashi. *Service national d'appuis au développement de l'horticulture urbaine et périurbaine*, 87p, RDC.
- Ngadi R., Mulaji C., Mukendi C., Idrissa A, Kindela J.F. & Mukwa L., (2023), Caractérisation physico-chimique et agronomique des boues de potabilisation d'eau des usines de Kinshasa, RDC *Afrique Science*, 23(3), 25 - 41
- OMS. (2016), Directives de qualité pour l'eau de boisson, 2è Edition Recommandations, Genève.
- ONU-EAU.(2017), Les eaux usées : une ressource inexploitée, *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture 7, place de Fontenoy*.Paris.
- Tangou, T.T., (2018), *Technologies de l'eau et des eaux usées*. Éditions Presses Universitaires de Kinshasa, Unikin.