

Capacité de la Microphytostation Plantée de Chrysopogon Nigritanus Benth et Hyparrhenia Diplandra (Hack.) Stapf dans l'Élimination des Métaux Traces des Eaux Usées Domestiques dans la Commune de la N'sele à Kinshasa/RD Congo

[Capacity Of Microphytostation Planted With Chrysopogon Nigritanus Benth. And Hyparrhenia Diplandra (Hack.) Stapf In The Elimination Of Trace Metals From Domestic Wastewater In The Municipality Of N'sele In Kinshasa/DR Congo]

Tridon YANGONGO M.W¹, Victor PWEMA KIAMFU², Jean-Claude KAMB TSHIJK³, Patience NGELINKOTO MPIA⁴, MUTAMBEL'HITY S.N.⁵ et Pascal ISUMBISHO MWAPU⁶

¹Doctorant en Hydroécologie à l'Université Pédagogique Nationale (UPN) et Chercheur au Laboratoire de Recherche en Hydroécologie (LRH).

²Professeur, Chercheur au laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

³Professeur, Chercheur au laboratoire d'Hydrobiologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, B.P. 8815 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Professeure, Chercheur au laboratoire de chimie, Département de Chimie, Faculté des sciences, Université Pédagogique Nationale, B.P. 8815 Kinshasa XI, RD Congo

⁵Professeur, Chercheur au Commissariat Général à l'Énergie Atomique (CGEA/CREN-K, département de Microbiologie et Biologie Moléculaire, B.P. 868 Kinshasa XI, RD Congo

⁶Professeur, Chercheur à l'Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (UERHA), ISP/Bukavu, B.P. 203 Cyangugu, Rwanda.



Résumé – Le développement d'urbanisation conjugué à la croissance démographique engendre l'augmentation des besoins en eau qui se traduit par l'utilisation excessive des ressources en eau et par la production et le rejet d'un important volume d'eau dans l'environnement. Les résultats de cette étude prouvent que la phytoépuration par *C. nigritanus* et *H. diplandra* se présente comme une alternative très efficace pour le traitement des eaux usées domestiques à N'sele. Les abattements les plus élevés sont ceux du cuivre avec 86% et 43% respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*.

Mots clés – Microphytostation, métaux traces, eaux usées, *Chrysopogon nigritanus* Benth., *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf, N'sele et Kinshasa.

Abstract – The development of urbanization combined with population growth generates an increase in water needs which results in the excessive use of water resources and the production and discharge of a large volume of water into the environment. The results of this study prove that phytopurification by *C. nigritanus* And *H. diplandra* is a very effective alternative for the treatment of wastewater in N'sele. The highest reductions are those of copper with 86% and 43% respectively for the EUE with *C. nigritanus* and *H. diplandra*.

Keywords – Treatment, wastewater, microphytostation, *Chrysopogon nigritanus* Benth., *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf, N'sele and Kinshasa.

I. INTRODUCTION

La problématique de l'assainissement des eaux usées est un sujet qui demeure entier malgré des nombreuses initiatives entreprises jusqu'à ce jour. La plupart des villes se sont construites sans un plan rigoureux d'assainissement, rendant désormais complexe la recherche de solution. Les systèmes de collecte et de traitement d'eaux usées et d'excréta sont très peu développés ou inexistant. La complexité des problèmes recommande désormais de développer une approche intégrée.

Actuellement, les aspects concernant la qualité des ressources en eau n'ont été que peu considérés : le secteur de l'assainissement connaît un grand retard et plus de 90 % des eaux usées sont rejetées dans le milieu naturel, sans traitement préalable. Ainsi, le traitement des eaux usées est devenu une priorité ; aussi bien pour préserver la santé humaine et l'environnement, que pour produire une eau qui pourrait être utilisée en agriculture, en industrie et en d'autres activités sociales.

Face à tous les problèmes que connaît la R.D. Congo en matière d'assainissement, le recours à d'autres techniques d'épuration des eaux usées, moins coûteuses et plus simples à gérer est devenu incontournable, si l'on veut protéger les ressources en eau, la santé publique et sauvegarder les milieux récepteurs.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Principe du procédé

Le procédé d'épuration des eaux usées par les végétaux est une ancienne technique, connaissant un intérêt de réhabilitation et de modernisation très sollicité par les petites et moyennes collectivités. Son principe se base sur la fixation des végétaux de type macrophytes (phragmites, typha, joncs, etc), sur un support filtrant (granulats) (Benslimane *et al.*, 2013).

2.2 Aire d'étude

N'sele est une commune urbano-rurale située à l'Est de la ville de Kinshasa. Elle compte une population de 715.293 habitants.

Les coordonnées géographiques de la commune de la N'sele sont :

- Latitude : 4° 25' 01''
- Longitude : 15° 30' 09'' Est,
- Altitude : 280 mètres

Les travaux de cette expérimentation se déroulent dans une microphytostation située sur l'avenue Makanza n°24, quartier Bahumbu 1 dans la commune de la N'sele à Kinshasa/RD Congo.

N'sele jouit d'un climat tropical de type AW4 selon la classification de Köppen. Elle a deux saisons (sèche et pluvieuse) qui s'alternent.

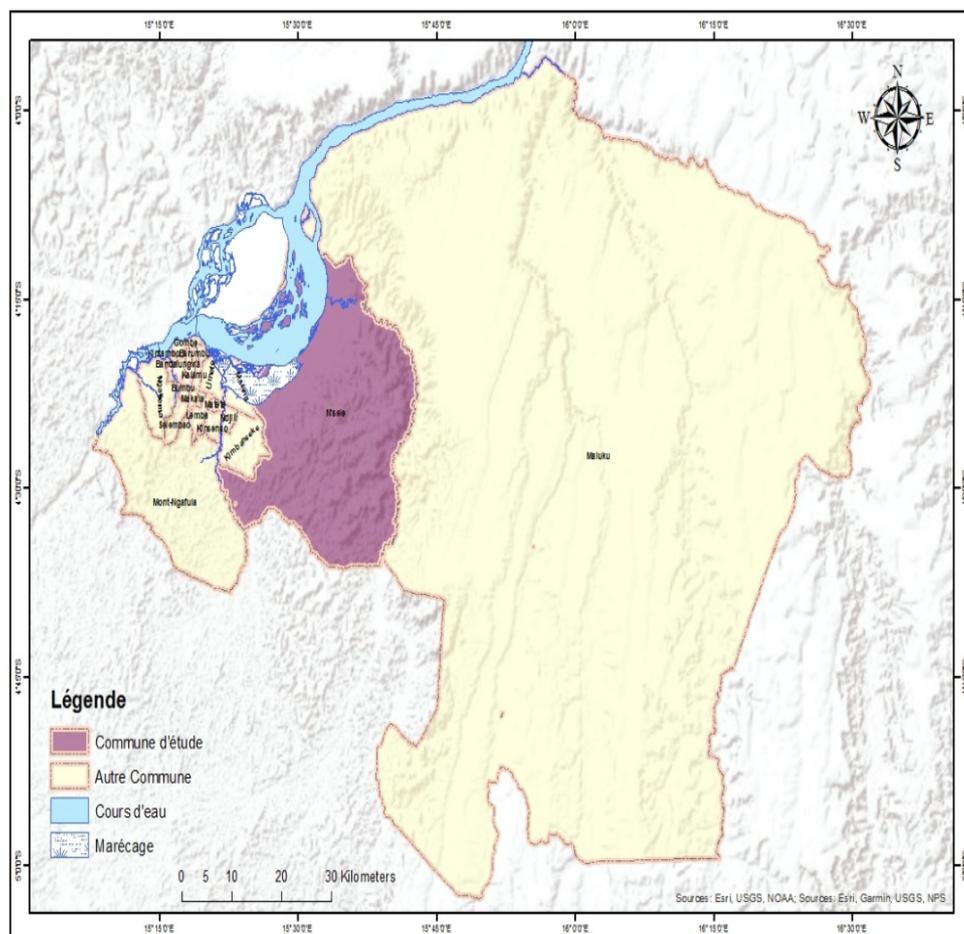


Figure 1 : Commune de la N'sele dans la ville de Kinshasa

2.3 Matériel

2.3.1 Matériel végétal

Les plantes utilisées pour cette étude sont ; *Chrysopogon nigritanus* et *Hypparrhenia diplandra* âgés de trois mois ayant un niveau de croissance identique (même longueur et même nombre de feuilles), choisi en fonction de leurs adaptation aux conditions climatiques locales, durée du cycle de végétation, vitesse de croissance, facilité d'exportation de la biomasse, et l'abondance sans aucun entretien particulier.

2.4 Méthodes

2.4.1 Mise en place d'une microphytostation

La microphytostation est constituée de quatre fûts en plastique dont trois de 250 L et un de 120 L de volume chacun. Le filtre est rempli dans des fûts en plastique à section circulaire et muni d'un robinet à la base. Un tube de PVC de 120 cm de longueur et 40 cm diamètre est implanté verticalement, perforé pour l'aération du massif et entouré par un tamis métallique de très petites mailles qui empêche la pénétration des éléments grossiers. (Fig 1). La hauteur des filtres est de 70 cm dans un fût de 110 cm d'hauteur.

Chaque fût a une légère pente dirigée vers le robinet situé à 4 cm à partir du fond. Les eaux usées passent du fût de décantation (120 L) aux fûts à filtres plantés (250 L) par un tuyau en PVC perforés de 40 mm de diamètre.

La microphytostation été rempli par une succession de trois couches ; deux composées de gravier de diamètre croissant et la troisième qui est constituée de sable. Ces substrats sont tamisés pour obtenir le diamètre voulu (de 0,25 à 0,5 mm pour le sable, 8

à 15 mm pour les graviers fins (conçassés) et 15 à 25 mm pour les graviers grossiers puis sont lavés pour les débarrassés de toutes les impuretés qui peuvent nuire le traitement.

La première couche composée des graviers fins mesure 20 cm, suivie d'une deuxième couche de sable mesurant 20 cm et une troisième couche remplie de graviers grossiers mesurant 30 cm pour faciliter la distribution de l'eau. Le niveau d'eau a été maintenu à 5 cm sous la surface du substrat afin d'éviter la propagation de l'odeur. Les échantillons d'eau sont régulièrement prélevés à l'entrée et à la sortie de la micro-phytostation.

L'alimentation de la microphytostation se fait exclusivement par des eaux usées domestiques issues de trois ménages situés dans le quartier Bahumbu 1 à N'sele (40 litres par fût). Les échantillons ont été prélevés une fois par semaine (chaque lundi) dans l'avant-midi.



Micro-phytostation vue de haut



Micro-phytostation montrant les lieux de prélèvements

Photos II.1. Micro-phytostation

2.4.2 Fréquence d'échantillonnage

L'échantillonnage a été de quatre fois par mois, il avait une fréquence régulière d'une fois par semaine (chaque lundi). L'expérience a été réalisée durant la période allant du janvier 2022 au mois de mars 2022. Il se faisait toujours pendant la même période de la journée (avant-midi). Pendant une période de trois mois, nous avons analysé 48 échantillons venant de la micro-phytostation.

Les échantillons ont été acheminés au laboratoire de la Regideso/Kingambwa où nous avons procédé immédiatement aux analyses physico-chimiques et bactériologiques. Le transport des échantillons se faisait dans un laps de temps qui n'excéder pas quatre heures.

2.4.3 Modes opératoires des analyses effectuées

La quasi-totalité des métaux traces sous formes d'ions (Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) a été analysée à l'aide du spectromètre de fluorescence X, version énergie dispersive (ED-XRF), XEPOS III, en utilisant les méthodes « FP-Water » et « Solo-water » du spectromètre XEPOS III. Un étalon synthétique a été préparé à l'aide des produits chimiques du laboratoire et contenant certains éléments d'intérêt.

Le spectromètre de fluorescence X est une méthode multi-élémentaire, utilisant quatre cibles secondaires, à savoir successivement Molybdène (39,76KV de tension et 0.88 mA de courant), oxyde d'Aluminium (49,15 KV de tension et 0.7mA de courant), cobalt (35,79KV de courant et 1mA de courant) et enfin HOPG Crystal de Bragg (17,4KV de tension et 1,99mA de courant) de l'anode en palladium.

Tableau 1 : Modes opératoires des analyses effectuées

N°	Paramètre	Unité	Méthodes de référence	Normes
1	Fe (Fe ³⁺)	mg/l	Spectrophotométrie. spectromètre à fluorescence X (ED-XRF Xepos III assisté par ordinateur). Longueurs d'ondes 225 - 680 nm.	Norme NFT 90-017
2	Manganèse (Mn ²⁺)	mg/l Mn ²⁺		
3	Zinc (Zn ²⁺)	mg/l		
4	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l		

2.4.4 Analyse statistique

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement informatique dans le but de garantir leur fiabilité. Les calculs des moyennes, et des écart-types ont été possible grâce au logiciel Excel.

2.4.5 Eléments de calcul

Les performances épuratoires ont été appréciées sur base des abattements des différents paramètres entre l'entrée et la sortie du dispositif. Les abattements ont été calculés selon les formules suivantes :

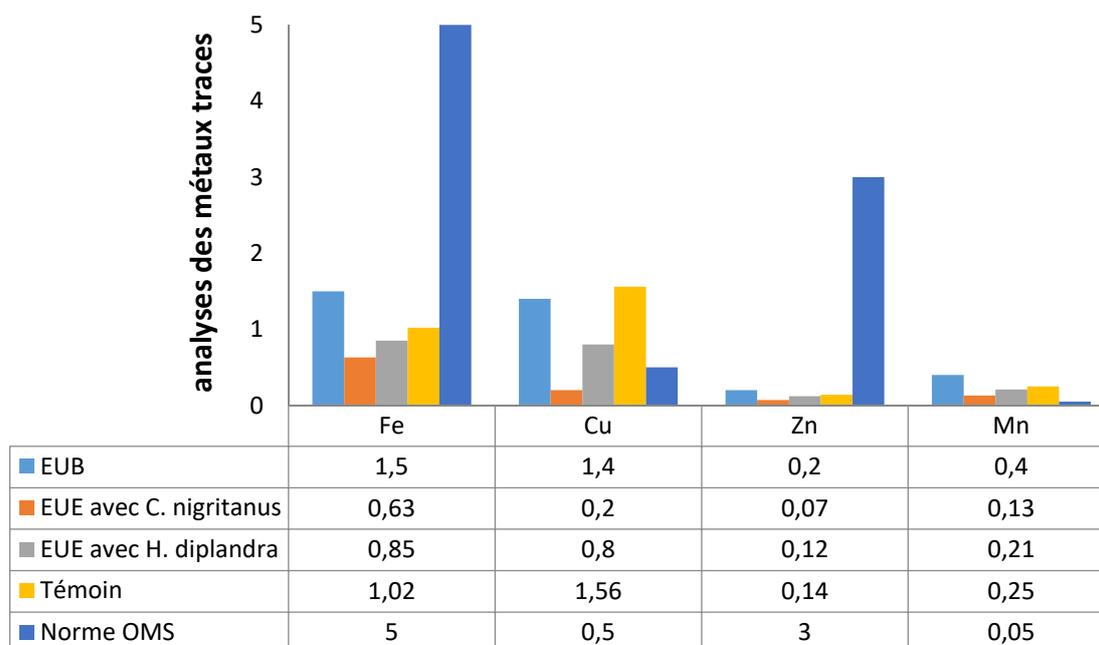
$$\text{Abattement d'éléments traces (\%)} = \frac{\text{CE} - \text{CS}}{\text{CE}} \times 100$$

CE

- CE : Concentration moyenne de pollution à l'entrée du pilote expérimental ;
- CS : Concentration moyenne de pollution à la sortie du pilote expérimental.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Pouvoir épuratoire de *C. nigritanus* et *H. diplandra*



La teneur moyenne en **fer** des EUB durant la période d'étude est de 1,5 mg/l Fe^{3+} , est de 0,63 mg/l Fe^{3+} pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 0,85 mg/l Fe^{3+} pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 58 % et 43,3 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les EUE avec *C. Nigritanus* et *H. diplandra* répondent à la norme de rejet exigée par l'OMS (5 mg/l Fe^{3+}).

La teneur moyenne en **cuivre** des EUB durant la période d'étude est de 1,4 mg/l Cu^{2+} , est de 0,2 mg/l Cu^{2+} pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 0,8 mg/l Cu^{2+} pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 86 % et 43 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les EUE avec *C. Nigritanus* répondent à la norme de rejet exigée par l'OMS (0,5 mg/l Cu^{2+}).

Les résultats obtenus concordent à ceux obtenus par Seghairi *et al.*, (2011) (75,96 % après un temps de séjour de 15 jours et 67,59 % à la sortie du filtre après 7 jours). Les micro-organismes peuvent jouer un double rôle dans la mobilisation des métaux. Ils peuvent affecter leur biodisponibilité en fixant les éléments et les libérer en décomposant la matière organique (Herman *et al.*, 1995).

La teneur moyenne en **Zinc** des EUB durant la période d'étude est de 0,2 mg/l Zn^{2+} , est de 0,07 mg/l Zn^{2+} pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 0,12 mg/l Zn^{2+} pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 65 % et 40 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les EUE avec *C. Nigritanus* et *H. diplandra* répondent à la norme de rejet exigée par l'OMS (3 mg/l Zn^{2+}).

La teneur moyenne en **Manganèse** des EUB durant la période d'étude est de 0,4 mg/l Mn^{2+} , est de 0,13 mg/l Mn^{2+} pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 0,21 mg/l Mn^{2+} pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 68 % et 48 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les EUE avec *C. Nigritanus* et *H. diplandra* sont supérieures à la norme de rejet exigée par l'OMS (0,05 mg/l Mn^{2+}).

IV. CONCLUSION

La présente étude sur le traitement des eaux usées domestiques par *C. nigritanus* et *H. diplandra* dans la commune de la N'sele à Kinshasa/RD CONGO peut servir de point de départ à d'autres expériences dans ce domaine. Elle nous a permis d'une part, de déterminer la capacité des *C. nigritanus* et *H. diplandra* à épurer les eaux usées domestiques, d'autre part de proposer une microphytostation dans la Commune de la N'sele.

L'utilisation des *C. nigritanus* et *H. diplandra* dans la microphytostation permet de réduire la quasi-totalité des métaux traces. Le suivi de l'évolution des paramètres de pollution des eaux usées depuis l'entrée de la microphytostation et sa sortie laisse voir des abattements moyens très satisfaisants. Les abattements les plus élevés sont ceux du cuivre avec 86% et 43% respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*.

A la fin de cette étude, nous pouvons confirmer que nos résultats ont été satisfaisants. La phytoépuration par *C. nigritanus* et *H. diplandra* se présente comme une alternative très efficace pour le traitement des eaux usées domestiques à N'sele.

V. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Madame Vanella Mulangu Kabeya Monsieur Gilbert Kabamba Katambwe, Madame Monique Mujinga Kabamba et Graciella Mujinga Yangongo pour leur accompagnement.

REFERENCES

- [1] Benslimane M., Mostephaoui T., Hamimed A., Cherif Z.T.. (2013)., *Performances épuratoires et intérêt du procédé de phytotraitement des eaux usées par des végétaux macrophytes*, Courrier du Savoir – N°17, Décembre 2013, pp.47-51 Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie.
- [2] Herman, D.C., Artiola, J.F., Miller, R.M., (1995). Removal of cadmium, lead and zinc from soil by a Rhamnolipid Biosurfactant. *Environmental Science and Technology*, 29, (9) ,2280-2285.
- [3] Rodier J., Bazin C., Bourtin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (2009)., *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. Ed. Dunod, Paris. 9^{ème} édition, 1383p.

- [4] Seghairi N., Mimeche L., Debabeche M. et Khider S.. (2013)., *Possibilités d'élimination des phosphates et de l'azote à partir des eaux usées domestiques en utilisant un filtre planté de papyrus*, The 4th International Congress Water, Waste & Environment (EDE4) Agadir, Morocco, December 18-20.
- [5] Yangongo M.W.T. (2020). *A Traitement des eaux usées domestiques par Pistia stratiotes L. dans la commune de la N'sele à Kinshasa/RD CONGO*, Mémoire d'Etudes Approfondies en Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Université Pédagogique Nationale, 131p.