

Traitement des Eaux Usées Domestiques eEn Microphytostation Plantée de Chrysopogon Nigritanus Benth. et Hyparrhenia Diplandra (Hack.) Stapf dans la Commune de la N'Sele à Kinshasa/RD Congo

[Treatment Of Domestic Wastewater In A Microphytostation Planted With Chrysopogon Nigritanus Benth. And Hyparrhenia Diplandra (Hack.) Stapf In The Commune 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'Energie 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 de MES avec 87% et 76% respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et *H. diplandra*.

Mots clés – Traitement, eaux usées, microphytostation, *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 MES with 87% and 76% 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 population mondiale augmentera de 3 milliards d'individus à l'horizon 2030 et cette augmentation concernera à 95 % les pays en voie de développement. En outre, on estime que plus d'un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et que plus de 3 milliards ne disposent pas d'équipements d'évacuation des eaux usées.

Or, l'accès à l'eau potable et à un service d'assainissement fiable est déterminant dans la lutte contre les maladies liées à l'eau. La quasi-absence de traitement efficace pour des effluents constitue actuellement l'un des problèmes de santé les plus sérieux. (Yangongo, 2020)

Le traitement des eaux usées est un enjeu d'ordre environnemental mondial. La production d'eaux usées ne cesse d'augmenter avec l'accroissement de la population et l'activité industrielle. Ce sérieux problème génère non seulement des risques de pollution pour les écosystèmes naturels mais entraîne également des conditions d'insalubrité et des risques sanitaires importants. Bien que cette problématique commence globalement à être maîtrisée dans les pays industrialisés, il n'en est pas de même pour la plupart des pays tropicaux.

Face à tous les problèmes que connaît la R.D. Congo en matière d'assainissement, le recours à d'autres techniques d'épuration (phytoépuration) 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.

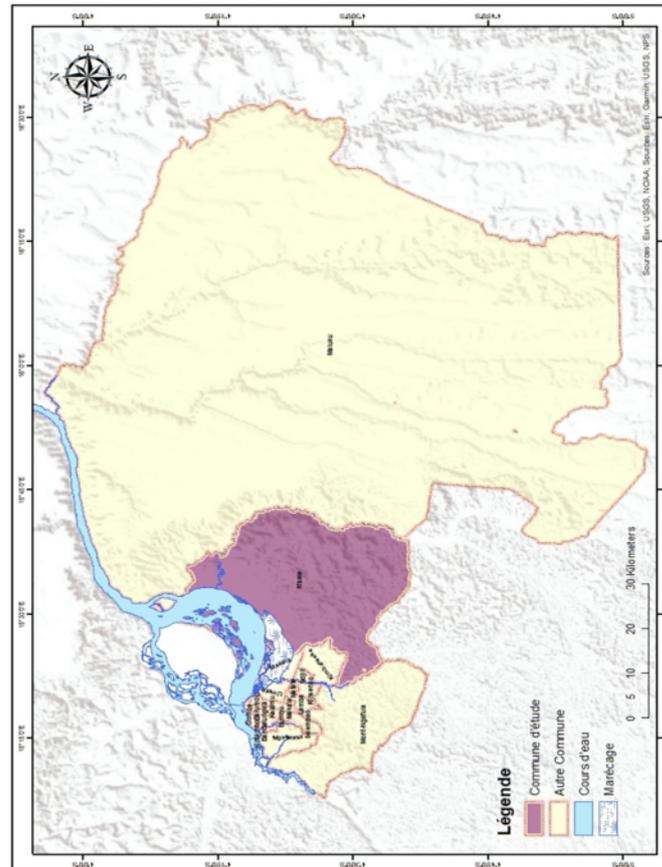


Figure 1 : Commune de la N'sele dans la ville de Kinshasa

2.3 Matériel

2.3.1 Matériel végétal

Les plantes utilisées pour cette étude sont ; *Chrysopogon nigritanus* et *Hyparrhenia 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

Les analyses physico-chimiques ont concerné les paramètres suivants: Température, pH, Conductivité, Turbidité, Oxygène dissous, MES, Azote total (NT), Ammonium (NH_4^+), Nitrite (NO_2^-), Nitrate (NO_3^-), DCO et DBO_5 . Le **tableau 1** donne un résumé sur les méthodes, appareils et normes utilisés durant l'expérimentation.

Tableau 1 Modes opératoires des analyses effectuées

N°	Paramètre	Unité	Méthodes de référence	Normes	
Paramètres physico-chimiques					
1	Température (T°)	°C	Thermométrie : Sonde multiparamètre type Combo Hanna HI 98130.		
2	Potentiel d'hydrogène (pH)	Unité pH	Potentiométrie : Sonde multiparamètre type Combo Hanna HI 98130.		
3	Conductivité (CE)	µS/cm	Potentiométrie : Sonde multiparamètre type Combo Hanna HI 98130.		
4	Turbidité	NTU	Electrométrie : Sonde multiparamètre type Combo Hanna HI 98130.		
5	Oxygène dissous (OD)	mg d'O ₂ /l	Potentiométrie : Oxymètre INOLABO-OXI 730 WTW	NFT 90-01	
6	Matières en Suspension (MES)	mg/l	Méthode gravimétrique. Filtration sur membrane et séchage à l'étuve à 105°C et pesée.	AFNOR, T90-101	
7	Azote total (NT)	mg/l	Méthode photométrique. Photomètre lovibond MD 610	ISO 5664	
8	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l			
9	Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/l			ISO 6777
10	Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/l			
11	Phosphore	mg/l			ISO 7890/1
12	Demande Chimique en oxygène (DCO)	mg d'O ₂ /l	Est mesurée par Thermo-réacteur lovibond RD 125. Par la méthode au bichromate de potassium (K ₂ Cr ₂ O ₇)	AFNOR T-90-101	
13	Demande Biologique en Oxygène (DBO)	mg d'O ₂ /l	Méthode manométrique. Avec OXITOP et une armoire thermorégulatrice lovibond OXIDirect	NF 90-103	

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 :

$$\text{❖ Abattement physico-chimique (\%)} = \frac{\text{CE} - \text{CS}}{\text{CE}} \times 100$$

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

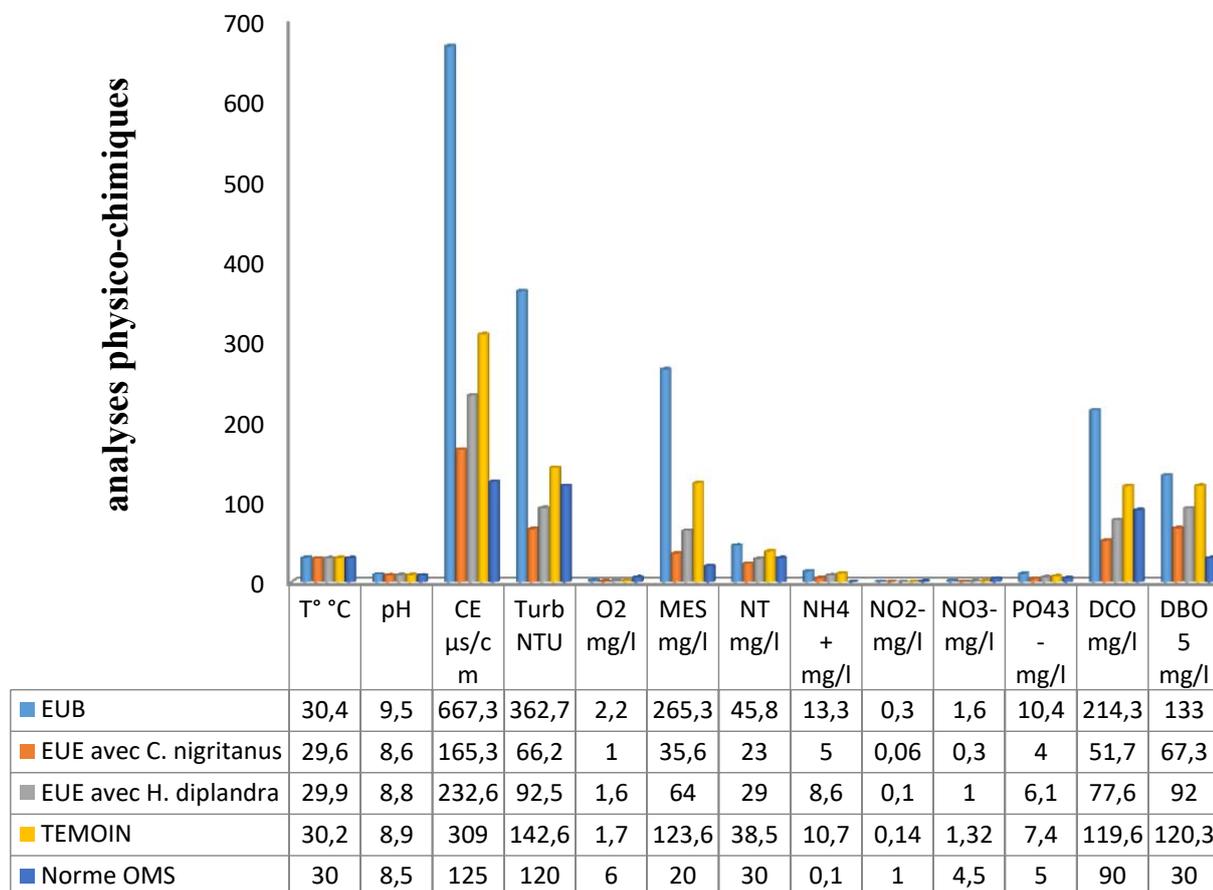


Figure 2 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées

La **température** moyenne des EUB durant la période d'étude est de 30,4 °C, est de 29,6 °C pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 29,9 °C pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 2,6 % et 1,6 % 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 (25 à 30°C) et est inférieure à la valeur recommandée par la loi algérienne, limitant des paramètres de rejet dans le milieu récepteur à 30°C. Les résultats obtenus concordent avec ceux obtenus par Belghyti et al., (2009).

Le **pH** moyen des EUB durant la période d'étude est de 9,5, est de 8,6 pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 8,8 pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 9,4 % et 7,3 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les EUE avec *C. Nigritanus* et *H. diplandra* sont dans la fourchette des valeurs exigées par l'OMS (8,5 à 9,5). Les valeurs obtenues sont comparables à celles trouvées ailleurs pour les eaux usées domestiques qui présentent généralement un pH neutre à basique (Kleche, 2013). En revanche, elles ne sont pas en accord avec celles trouvées par (Tiglyène et al., 2005 ; Belghyti et al., 2009) au niveau des eaux usées d'abattoir.

La **CE** moyenne des EUB durant la période d'étude est de 667,3 µs/cm, est de 165,3 µs/cm pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 232,6 µs/cm pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 75 % et 65 %

respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les valeurs moyennes de la conductivité électrique enregistrées pour les EUE sont inférieures à la norme algérienne qui est égal à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ainsi, ces valeurs sont en accord avec les valeurs déterminées antérieurement par (Rahmoun et al., 2013). En effet, elles sont inférieures à celles trouvées par (Hassoune et al., 2006; Hammadi, 2017, Yangongo, 2020).

La **turbidité** moyenne des EUB durant la période d'étude est de 362,7 NTU, est de 66,2 NTU pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 92,5 NTU pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 82 % et 74 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les valeurs enregistrées sont largement supérieures à celles enregistrées pendant la saison pluvieuse dans la rivière Gombe (102 NTU - 197 NTU), Kinkusa (8,47 NTU- 17,8 NTU) et Mangengenge (5,98 NTU - 6,65 NTU) par (Kamb, 2018).

La valeur moyenne de l'**oxygène dissous** dans les EUB durant la période d'étude est de 2,2 mg/l, est de 1 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 1,6 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 54 % et 27,2 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Les résultats de cette étude sont en accord avec les résultats obtenus antérieurement par (Yangongo, 2020) qui confirme une forte augmentation dû à l'activité métabolique des *Phragmites australis* puisque cet oxygène est résultant de leur métabolisme ainsi que du transfert dû à la diffusion de l'air, donc les plantes apportent l'oxygène nécessaire aux réactions de dégradation aérobie de la matière organique.

La valeur moyenne des **MES** des EUB durant la période d'étude est de 265,3 mg/l, est de 35,6 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 64 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 87 % et 76 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvés par Hammadi (2017) avec 813 mg/l, plus ou moins similaires à ceux trouvés par Vymazal (2005).

L'**azote total** moyen des EUB durant la période d'étude est de 45,8 mg/l, est de 23 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 29 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 50 % et 37 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Ces résultats sont inférieurs aux normes Algériennes de rejet direct (35 mg/l), et à celle recommandée par l'OMS (30 mg/l).

La concentration moyenne en **ammonium (NH_4^+)** durant la période d'étude est de 13,3 mg/l, est de 5 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 8,6 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 62 % et 35 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Ce rendement est supérieur à celui trouvé dans la région d'Ouargla (Algérie) par (Hammadi, 2017) (28,41 %).

La concentration moyenne en **nitrite (NO_2^-)** durant la période d'étude est de 0,3 mg/l, est de 0,06 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 0,1 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 80 % et 67 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. La moyenne est inférieure aux normes internationales des eaux destinée à l'irrigation (< 1mg/l) selon l'OMS. Ces concentrations sont légèrement similaire à celles trouvées par Niang, (2002) et Endamana et al., (2003).

La concentration moyenne en **nitrate (NO_3^-)** durant la période d'étude est de 1,6 mg/l, est de 0,3 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 1 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 81 % et 38 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. La comparaison des concentrations moyennes en nitrates dans les eaux usées analysées avec la norme de qualité des eaux destinées à l'irrigation montre que, ces concentrations sont inférieures à 50 mg/l, ce qui permet de déduire que ces effluents sont acceptables pour l'irrigation des cultures, Belghyti et al., (2009).

La concentration moyenne en **phosphate (PO_4^{3-})** durant la période d'étude est de 10,4 mg/l, est de 4 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 6,1 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 62 % et 43 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. La moyenne des EUE avec *C. nigritanus* est inférieure aux normes internationales de l'OMS des eaux destinée à l'irrigation (5 mg/l).

La valeur moyenne de la **DCO** des EUB durant la période d'étude est de 214,3 mg/l, est de 51,7 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 77,6 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 76 % et 64 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Ces valeurs sont nettement inférieures à la norme

algérienne (120mg/l) et la norme de rejet de l'OMS (90 mg/l) et à celles obtenues par Belghyti et al., (2009) ; Boutayeb et al., (2012) et concordent à celles trouvées par Derradji, (2015).

La valeur moyenne de la **DBO₅** des EUB durant la période d'étude est de 133 mg/l, est de 67,3 mg/l pour les EUE avec *C. nigritanus* et est de 92 mg/l pour les EUE avec *H. diplandra*. Le taux d'abattement durant la période d'étude est de 49 % et 31 % respectivement pour les EUE avec *C. nigritanus* et EUE avec *H. diplandra*. Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvés à Mechraa Belksiri (282,5mg/l) par El Guamri et al., (2006). Ces résultats sont largement supérieurs aux normes des rejets algériens (35 mg /l) et de l'OMS (30 mg/l) (Anonyme, 2015).

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 presque la quasi-totalité des paramètres physico-chimiques. 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 de MES avec 87% et 76% 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 et Graciella Mujinga Yangongo pour leur accompagnement et le Chef de Travaux Edouard Sisa qui nous a offert sa sonde multiparamètre.

REFERENCES

- [1] Belghyti D., El Guamri Y., Ztit G., Ouahidi M. L., Joti M.L., Harchrass A., Amghar H., Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc. *Afrique Science* 05(2), 199 – 216.
- [2] 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.
- [3] Boutayeb M., Bouzidi A., Fekhaoui M, 2012. Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées domestiques, *l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* 34 (2), 145-150.
- [4] Derradji Manel, 2015, Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrices dans l'épuration des eaux usées: stratégie et application, thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, 140p.
- [5] Endamana D., I. M. Kengne, J. Gockowski, J. N., D. Wandji, J. Nyemeck, N. N. Soua and J. N. Bakwowi. (2003). *astewater reuse for urban and periurban agriculture in Yaounde Cameroon : opportunities and constraints. International Symposium on Water, Poverty and Productive uses of Water at the Household Level, Muldersdrift, South Africa.* 84 - 92.
- [6] El Guamri Y., et Belghyti D., (2006). Étude de la qualité physico- chimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kenitra, Maroc). *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, N° 1, Décembre.
- [7] Hammadi Belkacem, 2017. Lagunage Aéré en Zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres Influent : Cas de la Région d'Ouargla, thèse en Chimie Analytique et Contrôle de l'Environnement, L'Université KASDI Merbah-Ouargla, Alger.
- [8] Hassoune E., Bouzidi A., Koulali Y., Hadarbach D, 2006. Différents filières de traitement des eaux université Ibn Zohr Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. 220pp.

- [9] Kamb T.J.C., 2018, structure des peuplements des macroinvertébrés benthiques et évaluation de la qualité biologique et écologique des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge à Kinshasa/ RD Congo, Thèse de doctorat, Faculté des sciences, UPN, 223p
- [10] Kleche M, 2013. Utilisation des systèmes biologiques dans l'épuration des eaux usées, Thèse Université de Toulouse. ISSN : 1259-3709.
- [11] Niang S. (2002). Utilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine au Sénégal. Cas de la ville de Dakar. Atelier International sur la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine : un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest. Rapport final, Ouagadougou, Burkina, 183 p.
- [12] Rahmoun H., Elkharrim K., Hadji M, Raweh S., Belghyti D., Al Zaemey A., El Guamri Y. et El Kharrim K., (2011). Qualité physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de S'Anaa (Yemen), International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol 5, N° 1.
- [13] Tiglyene S., Mandi L., Jaouad AE, 2005. Enlèvement du chrome par infiltration verticale, unit of sugar SUNABEL Mechraa Belksiri. Science Lib Editions Mersenne 130215 (5)
- [14] Vymazal J, 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wadiZ'ommor (Algeria). African J. Environmental Science and Technologie 2(8), 231-238
- [15] Yangongo M.W.T. (2020). Traitement des eaux usées domestiques par *Pistia stratiotes* L. dans la commune de la N'sele à Kinshasa/RD CONGO, mémoire d'études approfondies (DEA) en Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Université Pédagogique Nationale, 131p.