

Analyses Physico-Chimiques Et Biotiques Des Bio-Solides Des Boues De Vidange Des Fosses Septiques Traitées Par Lits De Séchage Plantés d'Eichhornia Crassipes L. A Kinshasa/RD Congo

NZINGA LUSEVAKUENO J¹, MUTAMBEL'HITY SCHIE NKUNG D², NGELINKOTO MPIA P¹,
MUMBA DJAMBA A³, MATAND TWILENG A⁴, PONGI NZITA J¹

¹Département de Chimie, Université Pédagogique Nationale BP 8815 Kinshasa I

²Département de Biologie, Université Pédagogique Nationale

³Faculté de Sciences Agronomiques, Université Pédagogique Nationale

⁴Département de Géographie et Sciences de l'Environnement, Université Pédagogique Nationale
République Démocratique du Congo

Corresponding Author: NZINGA LUSEVAKUENO J



Résumé : L'intérêt du traitement des boues de vidange réside dans leur rejet sans conséquence néfaste dans la nature. Dans la Ville de Kinshasa, les boues de vidange des fosses septiques provenant de l'assainissement autonome sont rejetées dans la nature sans traitement. Cette recherche a consisté à déterminer la qualité des sous-produits, comme les bio-solides générés à l'issue d'un traitement de boues de vidange des fosses septiques sur les lits de séchage plantés d'*Eichhornia crassipes L.* Le traitement réalisé à l'échelle de laboratoire a compris 5 étapes : l'acclimatation d'*Eichhornia crassipes L.* pendant trois mois, l'alimentation des lits en boues de vidange des fosses septiques, la phase de repos au cours de laquelle le dépôt était séché, le curage et le stockage. Les analyses portent sur des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des boues de vidange fraîches et séchées de lits de séchage plantés d'*Eichhornia crassipes L.* dans la phase de repos, en fonction du temps. Les analyses physico-chimiques des bio-solides déshydratés retenus sur les lits de séchage et exposés à l'air libre ont révélé des concentrations très élevées en DCO, DBO5, salinité, PO₄³⁻ et Cl⁻, et un abattement en NH₄⁺ de 81,25% , NO₃⁻ de 79,130%, SO₄²⁻ de 91,32% et Fe²⁺ de 87,179% par rapport aux BV fraîches au 25^{ème} jour d'ensoleillement ; une ratio DCO/DBO5 constante de 1,25 le 1^{er}, le 25^{ème} et le 87^{ème} jour expliquerait la biodégradabilité de la matière organique en fonction du temps d'exposition à l'ensoleillement. Ces concentrations ont tendance à baisser en fonction de la longue durée de traitement. Les concentrations en germes totaux, coliformes totaux, streptocoques totaux et streptocoques fécaux sont plus importantes dans les bio-solides que dans les boues brutes. Leur réduction est influencée dans le temps par l'exposition prolongée au soleil. Les boues de vidange séchées sur les lits de séchage plantés d'*Eichhornia crassipes L.* en phase de repos étaient moins concentrées en paramètres parasitologiques que les boues de vidange brutes. Un stockage supplémentaire (après la phase de curage de boues de vidange séchées permet de réduire davantage les agents pathogènes pour une réutilisation ultérieure.

Mots clés : Caractéristiques, bio-solides, boues de vidange, fosses septiques, traitement, lits de séchage, *Eichhornia crassipes L.*, LSP, LSPM, LSNP.

Abstract: The advantage of treating septage is that it can be discharged into the environment without any harmful consequences (CREPA, 2007). In the city of Kinshasa, septage from septic tanks used for on-site sanitation is discharged untreated into the environment. This research consisted in determining the quality of the by-products, such as the bio-solids generated when septic tank sludge is treated on drying beds planted with *Eichhornia crassipes L.*

The treatment carried out on a laboratory scale consisted 5 stages: acclimatization of *Eichhornia crassipes L.* for three months, feeding of septic tank sludge to the beds, the resting phase during which the deposit was dry, cleaning and storage. Analyses focused on

physico-chemical, bacteriological and parasitological parameters of fresh and dried septage from drying beds planted with *Eichhornia crassipes* L. in the resting phase, as a function of time.

physico-chemical analyses of the dewatered biosolids retained on the drying beds and exposed to the open air revealed very high concentrations of COD, BOD₅, salinity, PO₄³⁻ and Cl⁻, and a reduction in NH₄⁺ of 81.25%, NO₃⁻ of 79.130%, SO₄²⁻ of 91.32% and Fe²⁺ of 87.179% compared with fresh BV on 25th sunny day; with a constant COD/DBO₅ ratio of 1.25 the 1st, the 25th and the 87th, day, would explain the biodegradability of organic matter as a function of exposure time to sunlight.

These concentrations tend to decrease with longer treatment times. The Concentrations in total germs, total coliforms, total streptococci and fecal streptococci are higher in biosolids than in raw sludge. Their reduction is influenced over time by prolonged exposure to sunlight. The sewage sludge dried on drying beds planted with *Eichhornia crassipes* L. during the deposition phase was found to be less concentrated in parasitological parameters than raw sewage sludge. Additional storage (after the draining phase of the dried faecal sludge) further reduces pathogens for subsequent reuse in agricultural soil.

Key words: Characteristics, biosolids, septage, septic tanks, treatment, drying beds, *Eichhornia crassipes* L., LSP, LSPM, LSNP.

I. INTRODUCTION

Un lit de séchage planté ou « lit de déshydratation planté » est un bassin constitué des matériaux granulaires poreux (sable et graviers) dans lequel les macrophytes émergents sont plantés. Il est alimenté en boues qui s'y accumulent en couches, s'y déshydratent et s'y stabilisent par l'effet de nombreux mécanismes physiques et biologiques (Biokou, 2021 ; Molle *et al.*, 2013).

Le lit joue un rôle de rétention physique des matières en suspension (MES) contenues dans la boue. Ce mécanisme est responsable de la formation du dépôt de boue, à la surface du lit, sous l'action des forces de gravité, l'eau libre contenue dans la boue est drainée vers le fond du lit, où un réseau des drains permet son évacuation. Ce mécanisme participe à la réduction de volume et au séchage des boues stockées sur les lits.

La matière organique d'un dépôt de boue est minéralisée par l'action bactérienne et faunistique aérobie, mécanisme crucial pour la réduction et la stabilisation du dépôt de boues ; le dépôt de boue subit un séchage « naturel » dû à l'activité végétale, via l'évapotranspiration (Molle *et al.*, 2013).

La technologie de traitement des boues de vidange est largement basée sur la séparation des phases liquide et solide. Après cette première phase de séparation, les fractions solides et liquides sont traitées séparément. La fraction liquide est ainsi traitée avec les technologies habituelles pour le traitement des eaux usées et la fraction solide peut-être simplement séchée pour sa mise en décharge, ou désinfectée pour permettre une utilisation agronomique exempte des risques sanitaires (Sylla et Touré, 2022). Le niveau de traitement des fractions liquides et solides ainsi séparées dépend de l'utilisation prévue de sous-produits (Sylla et Touré, *op.cit.*).

Les germes pathogènes peuvent survivre pendant longtemps dans les boues de vidange. Certains facteurs contribuent à leur élimination, notamment le temps de séjour, la température de la boue, l'ensoleillement, le pH, l'oxygène dissous, la présence d'hôtes intermédiaires appropriés, l'adsorption, le type de végétaux (Guide technique, 2013).

L'objectif de cette recherche est de déterminer la qualité des boues séchées traitées par lits de séchage plantés en vue d'une valorisation agricole ultérieure.

MILIEU, MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

Milieu de récolte d'*Eichhornia crassipes* L.

Les échantillons d'*Eichhornia crassipes* L. ont été récoltés dans le Fleuve Congo au niveau du port Bosekota, Quartier Kingabwa, Commune de Limete, District de Mont-Amba, dans la Ville de Kinshasa, le 30 mars 2023 (géolocalisation, tableau 1).



Figure 1 : Bosekota au Quartier Kingabwa dans la Commune de Limete

Site expérimental de l’acclimatation d’*Eichhornia crassipes L.* et de traitement des BV de fosses septiques sur les lits de séchage plantés d’*Eichhornia crassipes L.*

Le siège de la Brigade Spéciale pour la Protection de l’Environnement et du Bien-Etre Social de Kinshasa, « BSPE/BESK », ex Unité Spéciale pour la Protection de l’Environnement, « USPE », est une structure technique du Gouvernement Provincial de Kinshasa (géolocalisation tableau 1, fig.2).

Tableau 1 : Géolocalisation des sites de récolte du matériel végétal et d’expérimentation de traitement par LSPM

Milieu	Latitude	Longitude	Altitude
Site de récolte d’ <i>Eichhornia crassipes</i>	S 04° 39’ 88,5’’	E 015° 34’ 76,9’’	132 m
Site expérimental de traitement des BV	S 04° 37’ 38,3’’	E 015° 34’ 26,8’’	312 m

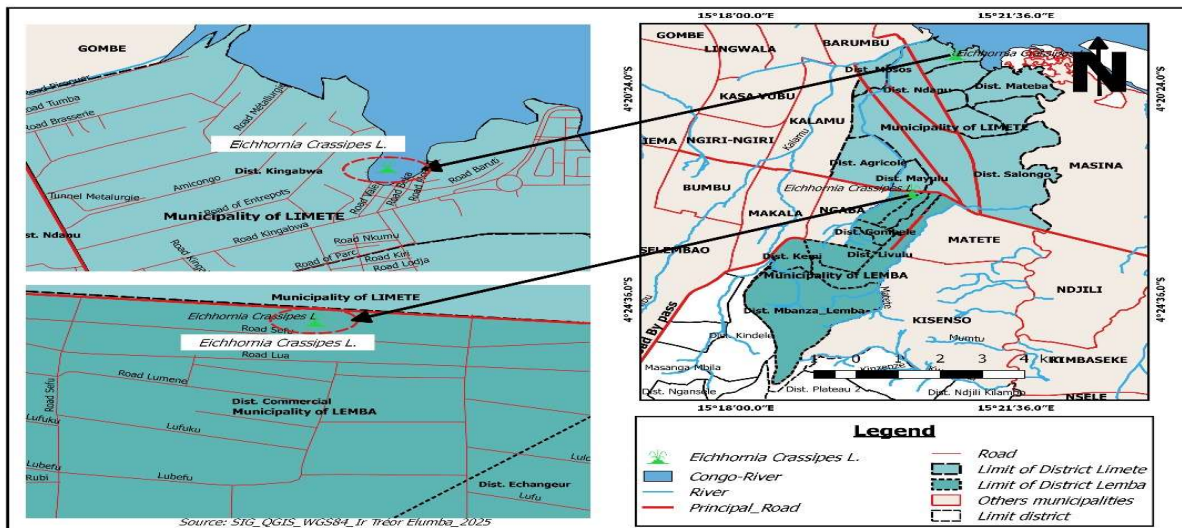


Figure 2 : Géolocalisation des sites de récolte, d’expérimentation de culture d’*Eichhornia crassipes L.* et traitement des BV de FS sur les LSP.



Figure 3 : Photos du site expérimental : A, B, C : Acclimatation d'*Eichhornia crassipes L.*

Site de prélèvement des boues de vidange des fosses septiques

L'échantillon de BV des fosses septiques a été prélevé le 1^{er} juillet 2023 dans une fosse septique située sur l'avenue Mayulu n°54 bis, au Quartier Kingasani ya Suka, Commune de Kimbanseke, District de Tshangu dans la Ville Province de Kinshasa, vidangée pour la dernière fois au mois de mars 2016.

Tableau 2 : Géolocalisation du site de prélèvement des boues de vidange des fosses septiques

Milieu	Latitude	Longitude	Altitude
Site de prélèvement des BV	S 04° 24' 28,5''	E 015° 24' 42,7''	310 m

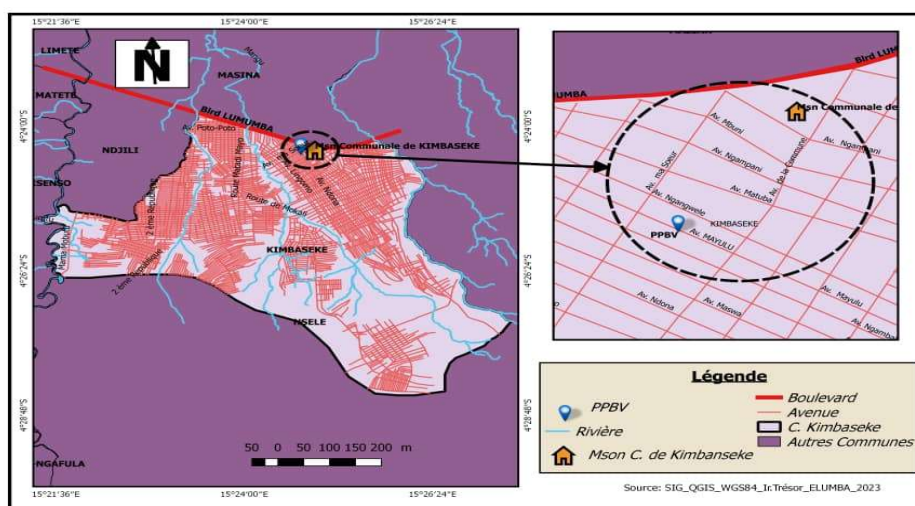


Figure 5 : A, B et C représentant le Site de prélèvement des BV dans la Commune de Kimbanseke, D : Alimentation en BV des LSNP et LSPM

Matériel

Matériel végétal

Le matériel biologique utilisé est l'espèce végétale *Eichhornia crassipes L.* du fleuve Congo. Le prélèvement des plantes entières en phase de croissance a été fait à la main, d'une hauteur variant entre 10 et 13 cm, elles étaient conditionnées dans des sachets en plastique noirs, de dimension 49,5 cm de long et 39,5 cm de large. Le repiquage des plantes était accompli le même jour du prélèvement et s'était fait par l'ensablement de tout le système racinaire des plantes dans des trous forés à la main dans le sable humidifié du lit de séchage. Une période test d'acclimatation d'*Eichhornia crassipes L.* a duré 14 mois dans notre site expérimental de l'ex USPE (arrosage régulier tous les jours, 2 fois par jour pendant les 3 premiers mois, puis avec alternance après un ou deux jours le matin à 8h et le soir à 18h).

Pour la phase pilote de traitement, avec une phase d'acclimatation allant du 30 mars 2023 au 1er juillet 2023, six plantes ont été repiquées dans les lits en bacs de pot de fleurs (tableau 3, fig.6).

Tableau 3 : Macrophyte (*Eichhornia crassipes L.*) - Lits

Indications	Lit 1	Lit 2	Lit 3
Nombre de plantes	6	6	6
Longueur des racines (cm)	10 à 13	10 à 13	10 à 13
Hauteur de la partie aérienne (cm)	40 à 46	40 à 46	40 à 46
Masse totale de 6 plantes (g)	600g	600	600g
Acclimatation (jour) (saison des pluies- début saison sèche)	92	92	92

Les plantes étaient arrosées dans les mêmes conditions que dans la phase test d'acclimatation (fig.6) : 4 litres d'eau /arrosage avec des alternances identiques (2 fois par jour à 8h et 18h, une fois par jour à 8h ou à 18h, après 1 ou 2 jours à 8h et à 18h). Un lit de séchage non planté servant de témoin était soumis aux mêmes conditions d'arrosage.



Figure 6 : Lits de séchage plantés en phase d'acclimatation d' *Eichhornia crassipes L.*

Source : cliché de l'auteur

Dispositif expérimental de culture d'*Eichhornia crassipes L.* et de traitement des BV de FS.

Le dispositif expérimental mis en place au cours de cette recherche a été inspiré d'autres travaux (Tadjouwa, 2016 ; Biokou, 2021). Des bacs en plastique ont été disposés en série : 4 bacs pour le pilote dont 3 de LSPM et 1 de LSNP.

Dimension des bacs :

- Bacs en pot en plastique : diamètre supérieur : 44cm, hauteur =35cm ; hauteur massif filtrant : 27cm dont 9 cm pour les graviers grossiers, 9 cm pour les graviers moyens et 9 cm pour la couche filtrante de sable provenant de N'djli Brasserie (fig.7, tableau 4).

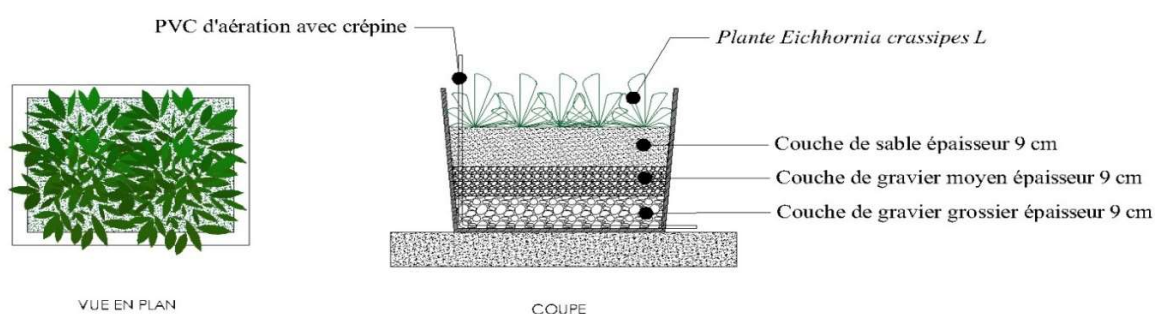


Figure 7 : Coupe du dispositif expérimental

Tableau 4 : Constitution des matériaux du massif filtrant pour le traitement des BV de FS

Matériaux	Diamètre	Hauteur de la couche
Sable fin	125-250 μm	9 cm
Graviers moyens	0,5 à 1,8 cm	9 cm
Graviers grossiers	2 à 3 cm	9 cm

Source : Notre expérience

Le dispositif d'aération est constitué d'un tube en PVC de 1,30 cm diamètre perforé des trous et installé dans le bac en plastique (servant de lit de séchage) de manière à joindre l'orifice perforé servant à évacuer le filtrat (fig 8).

Les lits utilisés pour le traitement des BV reposent sur une table en bois de menuiserie de 2 m de long, 80 cm de large et de 1,20 m de hauteur, ayant un creux rectangulaire de 2 m sur 12 cm, qui facilite l'écoulement gravitaire du percolât, inspiré d'autres travaux (Tadjouwa, 2016 ; Biokou, 2021). Le percolât est recueilli dans un sachet étanche en plastique 2,5m de long et 1,5m de large attaché aux quatre pieds de la table de support des lits.

Des récipients en plastique sont utilisés comme réservoirs de stockage des BV de FS avant leur épandage sur les lits de séchage (fig. 5B).

L'alimentation des LSP s'est faite selon deux modes pendant toute la durée du traitement : une alimentation avec les eaux d'arrosage (pendant l'acclimatation : 2 fois par jour à 8h et 18h, 1 fois par jour à 8h ou à 18h, après 1 ou 2 jours à 8h et à 18h) et une fois seulement avec les BV de FS.



Figure 8 : Images de séchage des BV sur les lits plantés et non plantés (BV craquelées)

Du sable des LSPM et LSNP, des boues de vidange des fosses septiques échantillonnées ont été soumis aux analyses physico-chimiques, bactériologiques et microbiologiques.

Méthodes

Protocole de prélèvement

Conforme au protocole de prélèvement des échantillons de boues de vidange des fosses septiques (Kone et *al.*, 2003 ; Larvido et Dodane, 2011 ; Gabert, 2018).

Les BV prélevées sont conditionnées dans des flacons en verre et transportées dans des glacières contenant des glaçons jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Paramètres physico-chimiques

La température (T°), le potentiel hydrogène (pH), l'oxygène dissous, la salinité et la conductivité électrique (CE) ont été prélevés *in situ*, dans les BV brutes, à l'aide de sondes multi-paramètres HANNA HI 991300 et HANNA HI 9146. La méthode est conforme à la norme AFNOR 90008. La détermination des teneurs en matières en suspension (MES) a été faite par gravimétrie après filtration sous vide et séchage à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante, conformément à la norme NF 90-15, les matières sèches (MS) par séchage à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante (Kone et *al.*, 2016). La DBO5 est déterminée à l'aide du DBOmètre Lovibond OxiDirect selon la norme NF900103, la DCO, les NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Fe^{2+} par photométrie à l'aide du photomètre MD610 MaxiDirect conformément à la norme DIN EN 61326-1 : 2013, les PO_4^{3-} conforme à la norme NFT 90-023, les Cl^- par volumétrie (méthode de Mohr) (Benmoussa, 2018) conforme à la norme NFT 90-014, la masse volumique par la méthode des corps flottants (principe d'Archimède) selon la norme NF EN 17183.

Paramètres bactériologiques

Les germes totaux, coliformes fécaux, streptocoques totaux, streptocoques fécaux et staphylocoques, déterminés par la méthode basée sur la filtration, culture, incubation et le dénombrement des colonies (CREPA, 2007).

Paramètres parasitologiques

Paramètres parasitologiques déterminés à l'état frais (dilution dans une goutte d'eau physiologique) au microscope binoculaire XSZ-07 séries.

Les échantillons de BV séchées des LSPM ND, mélangés, ont formé un seul échantillon composite de BV séchées de LSPM ND.

Les analyses de l'échantillon des BV brutes et de l'échantillon composite des BV séchées de LSPM ND ont été réalisées en trois périodes (t):

t₀ : BV brutes au jour du prélèvement (le 1^{er} juillet 2023).

t₂₅ : BV séchées de LSPM ND au 25^{ème} jour (25 juillet 2023).

t₈₇ : BV séchées de LSPM ND au 87^{ème} jour (25 septembre 2023).

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats

Les analyses physico-chimiques et biologiques du sable des LSNP et LSPM avant l'alimentation en BV révèlent les résultats suivants (tableau 5).

Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques et biologiques du sable de lits de séchage non plantés (LSNP) et plantés des macrophytes (LSPM) avant l'alimentation des BV brutes

Paramètres	Sable de LSNP	Sable de LSPM
pH	6,37	6,42
MS (%)	91,33	79,98
Humidité (%)	8,67	20,02
Salinité (mg/L)	0,01	0,02
Germes totaux (UFC/100mL)	1.10 ²	3.10 ²
Coliformes fécaux (UFC/100mL)	11.10 ²	1,5.10 ²
Streptocoques totaux (UFC/100mL)	0	0
Streptocoques fécaux (UFC/100mL)	0	0
Staphylocoques (UFC/100mL)	0	0

Le pH, la salinité, le taux d'humidité sont supérieurs dans le sable de LSPM. à cause de la présence des plantes.

Par rapport à l'humidité, le sable de LSPM est plus humide (20,02%) que celui de LSNP (8,67%): les plantes réduisent la vitesse d'infiltration et l'exposition de ce sable à l'ensoleillement).

Par rapport à la MS, le sable de LSNP nu, non couvert et exposé à l'ensoleillement présente une valeur supérieure (tableau 5).

Le sable des LSNP et LSPM est dépourvu des streptocoques totaux, streptocoques fécaux et staphylocoques. Par contre des germes totaux sont présents (avec une concentration supérieure dans le sable de LSPM) et coliformes fécaux (à une concentration inférieure à celle de sable de LSNP) : leur présence dans le sable pourrait être due aux eaux d'arrosage, à l'origine du sable, à l'humidité par le fait que le sable de LSPM se présente comme un sol de forêt contenant de la matière organique.

Les analyses physico-chimiques et biologiques des BV brutes (avant épandage sur les LSPM) et BV séchées des LSPM ND (tableau 7) révèlent des résultats suivants.

Tableau 6 : Paramètres physico-chimiques et bactériologiques des BV au cours du temps

Paramètres Physico-chimiques des BV	Durée d'exposition au soleil (jour) à température de 28°C à 32°C			Normes de rejet Burkina Faso (Kone <i>et al</i> , 2016)	Normes sénégalaises (Ladislas, 2011)
	to (1)	25	87		
	BV brutes	BV séchées de LSPM ND	BV séchées de LSPM ND		
T° (C)	28,4	32,3	32,5	18-40	-
pH	6,84	6,98	6,54	6,5-9	5,5-9,5
DCO (mg/L)	4620	330000	6000	150	< 200
DBO5 (mg/L)	3696	264000	4800	40	< 80
DCO/DBO5	1,25	1,25	1,25	-	-
MES (mg/L)	10500	-	-	150	-
CE (µS/cm)	2877	-	-	-	< 3000
MS (%)	3,89	81,1	98,79	-	-
Humidité (%)	96,11	18,9	1,21	-	-
Salinité	2,6	19	22	-	-
NH ₄ ⁺ (mg/L)	8000	1500		-	-
Abat (%)	0	81,25			
Fe ²⁺ (mg/L)	7,8	1,0		-	
Abat (%)	0	87,18			
NO ₃ ⁻ (mg/L)	2300	480			
Abat (%)	0	79,13			
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	2800	243			
Abat (%)	0	91,32			
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,2	2000	444	0,8	
Cl ⁻ (mg/L)	84	133480	7810	-	
ρ (g/mL)	1,035	-	-	-	-
Bactériologiques					
Germes totaux ((UFC/100mL)	2.10 ¹³	70.10 ¹³	187.10 ¹⁷	-	
Log N	13,301	14,845	19,272	-	
Coliformes fécaux (UFC/100mL)	1.10 ¹⁰	2.10 ¹³	2.10 ⁷	-	< 1000
Log N					
Abat (%)	10	13,301	7,301 26,99	-	
Streptocoques totaux (UFC/100mL)	24.10 ⁸	120.10 ⁵	29.10 ¹⁷	-	
Log N	9,380	7,079	18,462	-	
Streptocoques fécaux (UFC/100mL)	30.10 ⁶	38.10 ⁵	23.10 ⁸	-	
Log N	7,477	6,58	9,362	-	
Staphylocoques (UFC/100mL)	0	0	0		

Légende : to(1) = BV brutes au temps initial, jour de la récolte.

BV séchées de LSPM ND aux 25^{ème} et 87^{ème} jours.

Abat (%) : Abattement exprimé en %.

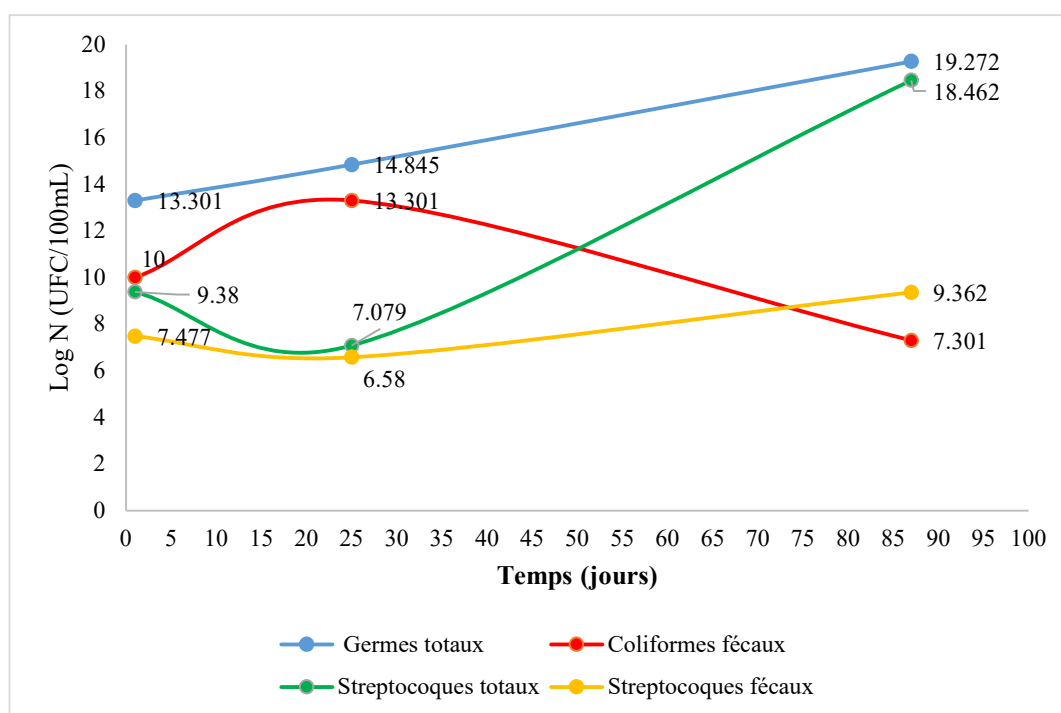
N=UFC/100mL de BV.

- : Valeur non mesurée.

L'évolution des paramètres physico- chimiques (tableau 7) et bactériologiques (tableau 7, fig.9) dans les BV, en fonction du temps, révèle des résultats variés dans la phase de repos du traitement par les lits de séchage plantés de macrophytes (*Eichhornia crassipes L.*). L'épaississement dû à la déshydratation (infiltration, drainage et évapotranspiration) et à l'exposition à l'ensoleillement des BV brutes pourrait expliquer les concentrations importantes en DCO, DBO5, MS, salinité, chlorures et phosphates. Cependant, on peut observer la réduction de la concentration en NH_4^+ , Fe^{2+} , NO_3^- et SO_4^{2-} dans les BV séchées par rapport aux BV brutes (au 25^{ème} jour) avec un taux d'abattement de 81,25% pour NH_4^+ , 87,18 % pour Fe^{2+} , 79,13% pour NO_3^- et 91,32% pour SO_4^{2-} (tableau 7) : transfert dans le filtrat (fraction liquide du traitement des BV), minéralisation de la matière organique par les micro-organismes présents dans le milieu réactionnel (BV) en aérobie, réduction des odeurs (SO_4^{2-}). La présence des NH_4^+ , NO_3^- représente une importance non négligeable dans l'agriculture.

La concentration des germes totaux, coliformes fécaux, streptocoques totaux, streptocoques fécaux est plus élevée dans les BV séchées de LSPM ND que dans les BV brutes avec abattement des coliformes fécaux au 87^{ème} jour de 26,99%, calculé en unités logarithmiques (tableau 6, fig.9). Les boues déshydratées, étant riches en matières organiques (DBO5), nutriments des microorganismes, offrent des conditions favorables à la multiplication exponentielle des bactéries.

Le ratio DCO/DBO5 égale à 1,25, constant (tableau 6) indique que la biodégradabilité de la matière organique se poursuit (Bassan *et al.*, 2013).



Figur 8 : Evolution des paramètres bactériologiques en fonction du temps d'ensoleillement de B V de LSPM ND

Tableau 7 : Résultats des analyses parasitologiques du 1^{er} jour (BV brutes) et 25^{ème} jour (BV séchées de LSPM ND)

Echantillons	Œufs d' Helminthes	Protozoaires Intestinaux Forme végétative	Protozoaires Intestinaux Forme kystique	Celluloses et autres cellules végétales	Grains de sable
BV brutes	Ascaris 100/Ch Tricocéphales 10/Ch	<i>Entamoeba histolica</i> 25/Ch Cristaux de charcot leyden 25/Ch	<i>Entamoeba coli</i> 20/Ch	115/Ch	Négatif
BV séchées de LSPM ND	Ascaris 50/Ch	Cristaux de Charcot Leyden 5/Ch	<i>Entamoeba coli</i> 5/Ch	Négatif	Négatif

Légende : Ch : Champ microscopique ; - Signifie négatif

Présence d'helminthes, protozoaires (forme végétative et kystique), autres cellules végétatives et celluloses dans les BV brutes. Les parasites sont en concentration réduite dans les BV séchées de LSPM ND en fonction du temps lors du traitement de ces BV sur les lits de séchage, en phase de repos (au 25^{ème} jour).

Oeufs d'helminthes 2 fois moins concentrés dans les BV séchées ; *Entamoeba histolica* éliminé, *Entamoeba coli* réduit au quart.

Discussion

Les BV traitées par des procédés de lits de séchage subissent l'influence :

- de l'accumulation lors de la déshydratation des BV de certains paramètres physico-chimiques (Marwa, 2020) ;
- de la durée d'exposition (Mohamed, 2018) ;
- des conditions expérimentales (Mohamed, 2018).

Les analyses physico-chimiques montrent que les boues de vidange des fosses septiques sont polluées (tableau 7) et ne répondent pas aux normes de rejets sénégalaises (Ladislav, 2011) ou de Burkina Faso (Kone et al, 2016). Il en est de même des résultats rapportés à Abidjan (Ladislav, 2011) qui ne répondent pas non plus aux normes de rejets sénégalaises.

La pollution carbonée est représentée respectivement par les valeurs de DCO et DBO5. La déshydratation entraîne une accumulation de la matière organique entraînant une concentration élevée de ces paramètres.

Pendant la déshydratation, la dégradation est faible, indiquant que les fèces séchées sont encore riches en matières organiques (Gensch et al, 2014). La valeur élevée de la DCO pourrait s'expliquer par une présence importante des matières organiques oxydables. La valeur élevée de la DBO5 indique également une forte accumulation de la matière organique dans les BV séchées. Le rapport DCO/DBO5 donne une valeur de 1,25 dans tous les cas. Cette valeur est inférieure à 5, indiquant que la dégradation de la matière organique se poursuit. Toutefois, la qualité des BV laisse apparaître un caractère biodégradable, qui corrobore avec des études antérieures au Bénin (Bassan et al, 2013).

La baisse de la DCO observée au 87^{ème} jour de déshydratation se justifie par la minéralisation de la matière organique sous les métabolismes des microorganismes, présents dans les BV. Les BV séchées doivent être manipulées avec beaucoup de précautions.

En période chaude (ensoleillement), l'activité biologique (DBO5) est plus importante et joue un rôle majeur sur la cinétique des réactions (Kone et al., 2016).

L'accumulation des phosphates dans les BV séchées révèle que le phosphore n'est pas sous forme assimilable par les plantes (Tsama, 2006). Il se trouve dans les BV sous différentes formes : phosphore organique, ortho phosphate ; Ces concentrations particulièrement élevées et supérieures à la norme pourraient s'expliquer par le fait que le phosphore est adsorbé et piégé dans la boue déshydratée.

L'évaporation de l'eau des BV induit une cristallisation des sels minéraux qui s'accumulent dans les BV séchées, révélée par la salinité et la teneur en ions chlorures (ONAS, 2022).

La teneur en MS reste toujours très élevée dans les BV séchées par rapport aux BV brutes (tableau 6) : déshydratation maximum, dépendant de la performance des filtres (sable), l'infiltration/percolation, l'évapotranspiration et l'ensoleillement (28 à 30°C). Le faible taux d'humidité résiduelle réduit l'odeur nauséabonde des BV (Esrey et al., 1998).

La valeur du pH dans les BV séchées de LSPM ND reste proche de la neutralité et conforme aux normes de rejets de Burkina Faso et du Sénégal (tableau 6).

Les techniques d'infiltration/percolation permettent l'élimination des micro-organismes (protozoaires et helminthes) par filtration/adsorption en haut de la colonne du massif filtrant (Faby, 1997 cité par Baumont et al., SD).

La nitrification dépend de plusieurs facteurs dans le BV dont la concentration en oxygène dissous (tableau 6), la température, le pH proche de la neutralité (Tadjouwa, 2016)

La croissance de la population microbienne est favorisée par la disponibilité des matières biodégradables et les conditions physiques (température, pH, humidité) favorables à leur développement (Misra et al., 2005). L'ensemble des microorganismes sont capables de se multiplier à l'air, surtout à une température optimale de croissance située entre 25 et 40°C (Midaoui, 2013). Dans cette étude, cette température varie de 28° à 32°C, justifiant ce développement.

L'aération des boues lors du traitement biologique fournit de l'oxygène en suffisance aux bactéries dans le but de maintenir la bonne activité des bactéries pour assurer une élimination appropriée de la pollution carbonée et azotée (Gabert, 2018).

Les halogènes (Cl⁻) ont une action microbicide ; les concentrations élevées en matières organiques dans les BV brutes et séchées de LSPM ND inhibent leur efficacité : ils peuvent pénétrer profondément dans les cellules microbiennes et s'attaquer directement à l'ADN, mais aussi ils ont une très forte affinité vis-à-vis des protéines et plus généralement des matières organiques qui se révèlent un frein lorsqu'elles sont en trop grande quantité (Elili, 2011).

CONCLUSION

Les boues de vidange des fosses septiques sont des matières polluantes et fortement contaminées. Leur rejet dans le milieu naturel requiert des dispositions particulières.

Le procédé de traitement de lits de séchage plantés d'*Eichhornia crassipes L.* a été expérimenté dans cette étude en laboratoire. L'effluent brut est réparti directement sans décantation préalable à la surface du filtre (sable). Il subit un traitement physique (filtration), chimique et biologique (biomasse fixé sur le support fin). Les eaux épurées sont drainées.

Les lits de séchage ont l'avantage de déshydrater les boues qui s'accumulent en surface entraînant ainsi la réduction du volume des boues.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont montré que les BV séchées de LSPM ND (*Eichhornia crassipes L.*) sont riches en matières organiques, en nutriments ammonium, nitrates, phosphates, mais également en bactéries pathogènes, helminthes et protozoaires d'origine humaine.

Les boues extraites des systèmes de traitement des matières de vidange (lit de séchage, bassin de sédimentation, méthanisation ou lit planté) devront être stockées pendant plus de 87 jours dans un lieu fortement aéré, de préférence exposé au soleil et protégé de

la pluie. Tout comme pour le compost, si ces matières ont vocation à être réutilisées en agriculture, on devra vérifier que leur concentration en œufs d'helminthes soit inférieure à 1000 UFC/100ML, afin d'éviter des contaminations.

Les BV traitées par lits de séchage plantés d'*Eichhornia crassipes* L. sont encore riches en éléments fertilisants, à savoir : les matières organiques, les nitrates, l'ammonium et les phosphates, nécessaires pour amender des sols marginaux ; elles poursuivent le traitement pendant la phase de stockage.

REFERENCES

- [1] Bassan M. et Strande L. (2013) : « Integrated faecal sludge management scheme for cities of Burkina Faso ». *Journal of water sanitation and hygiene of development* 3(2). 216-221.
- [2] Baumont S., Jean- Philippe Camard J.-P., Leerang A. et Franconi A. (SD) : *Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France*. Institut d'aménagement et d'urbanisme. 222p.
- [3] Benmoussa H. (2018) : *Analyse des eaux*, Université des Sciences et de Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Faculté de Chimie, Département de Génie chimique, République Algérienne Démocratique et Populaire. 124p.
- [4] Biokou Moufidatou M. (2021) : *Essai de traitement des boues de vidange par lits de séchage plantés de roseaux dans la Commune d'ABOMEY CALAVI au Bénin*. Mémoire de master. IGIP Afrique Ingénieur –Conseils. 75p.
- [5] CREPA (2007) : *Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées. Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques*. Janvier 2007, Centre Régional pour l'eau Potable et l'Assainissement (CREPA) à faible coût. Burkina Faso. 52p.
- [6] Elili Mpoya J.M. (2011) : *La chimie de base de la désinfection*, Service n° 0214 ©Bayer Health Care AG : service-propreté.fr. Le 30/06/2018.
- [7] Esrey S., Cough J., Rapaport, D., Ron, S., Mayling, S.H. (1998) : *Assainissement écologique*, Sida, Stockholm,1998, 99p.
- [8] Faby J.A., Brissaud F. (1997) : *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation*. Office International de l'eau, 76p.
- [9] Gensch R., Jennings, A., Ronggle S., Reymond P., Confédération Suisse (Eawag) (2014) : *Compendium des Technologies d'assainissement dans les situations d'urgences*. 1^{ère} édition. 212p.
- [10] Guide Technique (2013) : *Filière de traitement des matières de vidange Code 2.5.1.GUI 1Extrait du référentiel technique National EPA*, République d'Haïti ; Fascicule technique/Directives/Techniques/et. 2.5.1 DIT1 (Projet DINEPA-OIEau-UNICEF 2012/2013).
- [11] Gabert J.(2018) : *Memento de l'assainissement. Mettre en œuvre un service d'assainissement complet, durable et adapté*. Editions Quæ, Editions du Gret, France. 848p.
- [12] Kadir M., (SD) : *Modélisation du fonctionnement d'une station d'épuration par boues activées. Application à la station de Boumerdes*. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique. Ecole Nationale Supérieure et de la Recherche scientifique. République Algérienne Démocratique et Populaire. 130p.
- [13] Kone M., Service E., Ouattara Y., Ouattara P., Bonou L. et Joly, P. (2016) : « *Caractérisation des boues de vidange dépotées sur les lits de séchage de Zagtoui (Ouagadougou)* », *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10(6) : 2781-2795.
- [14] Ladislav S. (2011) : *Transfert des polluants au sein d'un ouvrage de traitement des eaux usées issues du ruissellement urbain- Mise au point d'un procédé de traitement complémentaire*. Thèse de doctorat, Université Nantes Angers le Mans. Génie des procédés. 208p.

- [15] Larvido A. et Dodane P.H. (2011) : *Assainissement des matières fécales de la ville de Mahajanga. Caractérisation du secteur informel de la vidange des latrines dans la ville.* Version finale, Madagascar.
- [16] Marwa B. S. (2020) : *Amélioration de la performance épuratoire des systèmes de traitement des eaux usées par filtre plantés des macrophytes et contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées traitées*, thèse de doctorat, Institut National Agronomique de Tunisie.
- [17] Midaoui (2013): *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(1): 172-184, February 2013.
- [18] Misra R., Roy R., Hiraoka H. (2005) ; *Méthode de compostage au niveau de l'exploitation agricole.* FAO, Rome, 48p.
- [19] Mohamed B. (2018) : *Intérêt du macrophyte Myriophyllum alterniflorum pour la détection des contaminants dans l'environnement.* Science de la terre. Université de Limoges. France, thèse Hal open science. 223p.
- [20] Molle P., Vincent J., Stéphane T., Malamaire G. (2013) : *Les lits de séchage de boues plantés de roseaux pour le traitement des boues et des matières de vidange, Guide de dimensionnement et de gestion*, France, 82 p.
- [21] Sori O.A.A.S., Sossou Y. Konate S. Ouoba (2021) : *Valorisation par co-compostage des boues de vidange déshydratées et des déchets solides ménagers organiques, suivi et qualité.* Ouagadougou, Université Joseph Ki-Zerbo Burkina Faso.
- [22] ONAS (2022) : *Projet de traitement et de valorisation des boues de vidange et des eaux usées pour la protection des zones humides dans les NIAYES de Dakar (Sénégal).* Rapport diagnostic, février 2022.
- [23] Sylla C. et Touré S. (2022) : *Etude sur le traitement des boues de vidange, valorisation des sous-produits d'assainissement de la ville de WAOUNDE au Sénégal*, Rapport d'étude technique détaillée/Mémoire technique, version définitive, Février 2022 ; 131p.
- [24] Tadjouwa K. (2016) : *Traitement des boues de vidange par lit de séchage sous climat soudano-sahélien.* Sciences et Technologie de l'eau, l'Énergie et l'Environnement. Université de Strasbourg. France. 232p.
- [25] Tsama N.V. (2006) : *Conditions d'acclimatation d'Echinocloa Pyramidis (Lam) Hitchc & chase et de Cyperus papyrus L. pour le traitement des boues de vidange*, mémoire de DEA, Université de Yaoundé. 56p.