



Research Article

Universal Journal of Life and Environmental Sciences 2023, Vol 5, Pages 20-28 Serie 1

Submission (3 March 2023) Accepted and Published (8 May 2023) www.ijarme.org

CARACTERISATION ECOTOXICOLOGIQUE ET ECO-INGENIERIE DES BOUES DANS LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DOMESTIQUES DE LA CITE-VERTE A YAOUNDE

NKENG George ELAMBO^a, BADJIKA GOLDING^b et AJEAGAH Gideon Aghundum^c

^a Full Professor of Environmental engineering and applied Chemistry, Director of Higher National School of Public Works in Yaounde (ENSTP)

^b Student of the Higher School of Public Works in Yaounde, specialised in water resource engineering and management (ENSTP)

^c Full Professor of hydrobiology, Environmental engineering and Public health

corresponding email : ajeagah@yahoo.com

RESUME

Dans le souci du développement durable et l'atteinte de l'« OMD 7 : environnement durable », les stations d'épuration constituent une voie majeure de dissémination des polluants (métaux lourds) et micropolluants minéraux et organiques dans l'environnement. De nombreux composés émergents n'ont pas été totalement éliminés des eaux usées et ont été transférés aux boues d'épuration (sorption par exemple) du fait de leurs propriétés physico-chimiques. Parmi ces composés, les métaux issus des garages, les détergents, les résidus de médicaments ont suivi un traitement respectueux de l'environnement car ils ont eu des effets indésirables sur les organismes (animaux et végétaux) une fois rejetés dans celui-ci. Ce travail est consacré à la caractérisation écotoxicologique et éco-ingénierie de traitement des boues à une station d'épuration : Cas de la Cité-Verte à Yaoundé. Il en a ressorti que la boue produite est aussi bien minéralisée : Ca^{2+} (mg/kg) = 3670, Mg^{2+} (mg/kg) = 1703, Na^+ (mg/kg) = 285, avec des éléments agronomiques importants : N_{Total} (%) = 2,25, P_{Total} (mg/kg) = 2430, K^+ (mg/kg) = 1293. Que des métaux lourds et micropolluants : B (ppm) = 0,0031, Cd (ppm) = 0,00473, Cu (ppm) = 575, Cr (ppm) = 0,06. Toutefois, au regard de la production journalière des boues (394kg), la valorisation par biométhanisation proposée a permis de produire du BIOGAZ (7191,5 m³/an) avec une énergie primaire de 42890,10 kWh/an. Le digestat quant à lui a été soumis au chaulage, méthode de traitement permettant de modifier leur spéciation par différents mécanismes chimiques et surtout biologiques (adsorption par chimisorption, précipitation chimique ou biologique etc.).

Mots clés : boues d'épuration, biométhanisation, biogaz, chaulage, chimisorption, digestat, risque écotoxicologique, micropolluants, métaux lourds, énergie primaire.

INTRODUCTION

Le déséquilibre écologique et les menaces sur l'environnement sont aujourd'hui bien réels, et constituent un sujet primordial dans la plupart des villes dans le monde. Les causes d'une crise de la ville peuvent être recherchées

dans la richesse de certains pays comme elles peuvent être réunies à l'état de pauvreté d'autres, mais les problèmes environnementaux dans l'un ou l'autre restent communs et constituent une menace pour le développement des villes et pour l'équilibre des écosystèmes au niveau local, régional et planétaire. Cet état de fait a conduit les dirigeants de la communauté internationale de se réunir et de faire face à cette situation alarmante de l'environnement urbain et

globalement aux problèmes écologiques, et d'introduire la dimension environnementale dans les stratégies nationales. Nous nous appuyons sur le fragment, je cite : « Cette nouvelle vision écologique serait peut être capable d'enrayer la dégradation du milieu urbain et les menaces qui pèsent sur la durabilité de développement des pays, et de donner une nouvelle image à la ville... » (Arib et al., 2017).

« Les boues d'épuration sont des sédiments résiduaux issus du traitement des eaux usées ; les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire.

Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration où elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste les boues résiduaux qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques.» (Comité de sécurité Alimentaire d'APRIFEL, 2001)

Toutefois, l'assainissement en général et l'assainissement liquide en particulier constitue aujourd'hui une question environnementale très préoccupante dans les pays tropicaux. Si ce constat est général, la situation est particulièrement grave dans les zones urbaines en raison des fortes densités de population. Les stations d'épuration sont le réceptacle d'une très grande diversité d'eaux usées à traiter. Elles peuvent être issues d'activités domestiques, industrielles ou artisanales et d'établissements de soins. Ces effluents contiennent de nombreuses substances chimiques, dont certaines sont qualifiées de «polluants et micropolluants» donc «écotoxicologique». Le présent travail s'intéressera qu'aux boues d'épuration urbaines, notamment les boues résiduaux de station d'épuration dont les collectivités sont responsables.

L'eau usée contient divers polluants organiques, biologiques et micropolluants parmi lesquels des éléments toxiques parfois très difficiles à éliminer, comme des métaux lourds, des poisons organiques, détergents. Le rejet des eaux usées directement dans la nature ou après un traitement insuffisant peut donc avoir un impact négatif sur l'environnement et potentiellement sur les hommes. D'où l'importance du traitement des eaux usées et de ses sous-produits notamment les boues d'épuration. L'objectif général de ce travail est d'analyser en l'absence de la filière de gestion des boues à la STEP de la Cité-Verte la qualité écotoxicologiques des boues et de proposer des options technologiques adaptées au contexte local et compatible avec le système d'assainissement existant.

I - MATERIELS ET METHODE

I.1- Présentation de la structure

La société de prestation et de construction est une entreprise qui est spécialisée dans les travaux publics et la construction des stations d'épuration des eaux usées dont le siège social se trouve à Yaoundé. Créée en 1994, elle est sous la charge d'un exploitant technique qualifié à cet effet. Bien en œuvre dans le secteur de l'assainissement liquide au Cameroun, notamment dans la métropole de Yaoundé elle est marquée par la construction de plusieurs stations

d'épurations. C'est une entreprise constituée majoritairement d'Ingénieurs de Conception du Génie Civil dont le but est de contribuer au développement du pays. Elle est souvent sollicitée pour la réalisation d'infrastructures dans la ville de Yaoundé et partout dans le pays, mais son domaine de prédilection reste l'aménagement des stations d'épuration des eaux usées. Sa ligne de conduite est : « *Préserver l'environnement pour notre santé, notre bien-être et pour les futurs générations* ». La dite conduite est rigoureusement respectée au sein de l'entreprise, d'où la notoriété acquise par elle parmi les nombreuses entreprises de travaux publics du Cameroun.

I.2- Présentation du site d'étude

a- Géolocalisation du site

Le site d'étude est situé à Yaoundé aux coordonnées : 3°52'12.93''N ; 11°29'10.21''E ; élévation 718m (±3m) et altitude 1,13km. Dans la ville, il appartient à la zone urbaine de la Commune d'Arrondissement de YAOUNDE 2.

b- Milieu physique naturel

Le climat de la zone d'intérêt est de **type équatorial** dont les éléments caractéristiques se présentent comme suit : Les températures sont élevées dans la métropole, mais restent constantes tout au long de l'année (24°C) avec de faibles amplitudes thermiques annuelle (3°C). La précipitation annuelle moyenne quant à elle est de 1600mm selon les relevés de la station météorologique située à la base aérienne 101 de Yaoundé. Les vents fréquents sont humides et soufflent en direction Sud-Ouest/Ouest ; Les violents quant à eux sont orientés Nord/Ouest (Wéthé, 1999) ; Le sol est une formation généralement meuble qui est constitué d'un complexe organominéral résultant de la transformation des roches sous l'action conjointe des agents météorologique et des êtres vivants. La végétation est en voie de disparition compte tenu du rythme d'urbanisation, c'est ce que renseigne la Section 1 : Monographie, aspect géographique et socio-économique de la commune d'arrondissement de Yaoundé 2 ; La morphologie du relief de la section d'étude épouse celle de la ville de Yaoundé en général avec des collines ayant une altitude moyenne située autour de 750 m et des vallées souvent traversées par des cours d'eau notamment celui d'ABIERGUE. Son hydrographie du site d'intérêt s'exprime par un réseau hydrographique d'ABIERGUE.

I.3- Matériels et outils de terrain

Sur le terrain, un ensemble de matériels a été pour pouvoir atteindre les objectifs fixés. Il s'agit précisément : Des fiches d'enquêtes pour collecter les informations auprès des ménages ; des guides d'entretien servant à collecter les informations auprès des chefs de bloc ainsi que les personnalités clés du Camp SIC ; un appareil photo numérique pour les prises de vue sur le terrain (ouvrages, milieux récepteurs) ; un GPS¹ de marque GARMIN qui a permis de relever les coordonnées géographiques de la STEP ; une loupe pour l'analyse physique des boues ; un dispositif de prélèvement (Boîte en matière plastique) ; une glacière contenant des carboglaces pour le conditionnement

¹ Système de positionnement géographique

ainsi que le transport des échantillons ; une bouteille de 1,5 litre d'eau de javel diluée pour stériliser ou désinfecter les matériels utilisés (Gants, botte, etc.) ; une paire de botte pour protection des pieds ; une paire de gant pour protection des mains ; un cache-nez pour protection olfactive ; 10 bouteilles de « SuperMont » de 10L ; une boîte de gel de désinfectant de marque « Cien ».

I.4- Matériels du laboratoire

Au laboratoire, les appareils utilisés pour mener à bien les analyses physico-chimiques sont constitués entre autres : Un multimètre de marque HI 9829 pour les mesures du pH, Conductivité électrique, TDS, Salinité, Potentiel d'Oxydo-Réduction, Résistivité; un spectrophotomètre HACH DR/2010 pour les mesures de MES et des ions ammonium (NH⁺₄) ; un réacteur à DBO de marque WTW ; un spectrophotomètre de marque HACH DR/2010 pour les mesures des matières en suspension (MES), des ions nitrates (NO⁻₃) et des ions phosphates (PO⁻₄³) ; un réacteur à DCO de marque HACH DRB 200.

I.5- Prélèvement des échantillons

Pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des boues d'épuration produites, il était logique de procéder par prélèvement et analyse des échantillons. Ces échantillons ont été prélevés à l'entrée de la station (effluent entrant), au poste de dessablage/déshuilage, au niveau du clarificateur (effluent sortant ou rejet), puis l'eau brute de la rivière ABIERGUE donc avant et après l'exutoire de la STEP. En tout, cinq (05) échantillons ont été prélevés pour analyses.

II - RESULTATS

II.1- Résultats des analyses physico-chimiques

❖ Résultats des paramètres physico-chimiques (tableau I)

Tableau I : Résultats des analyses physico-chimiques

Echantillons / Paramètres	Echantillons			
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
pH (U.C)	7,49	6,98	7,53	7,55
Humidité (%)	5,1	5,4	5,3	5,8
Température (°C)	27	29	27	26
ORP (mv)	-124	-119	-103	-55
TDS (mg/L)	533	1042	429	293
Salinité (S.U)	0,53	0,50	0,42	0,29
CE ² (µS/cm)	1067	2078	861	587
Résistivité(Ω.cm)	938	1013	1163	1706

² Conductivité Electrique

³ Platine, Cobalt

Couleur (P _t /C _o) ³	1532	1230	118	7
MeS (mg/L)	230	20480	16	6
MS (g/L)	12	25	18	11
MVS (%)	72	68,3	70,3	52
Turbidité(FNU ⁴)	256	339	14	71
C _{Total} (%)	55	58,23	49	41
N _{Total} (%)	2,20	2,25	2,23	2,21
Rapport C/N	25	25,88	21,97	18,55
NO ₂ ⁻ (µg/L)	103	95	08	644
NO ₃ ⁻ (mg/L)	24,4	24,3	1,1	2,30
NH ₄ ⁺ (mg/L)	4,16	4,98	5,08	4,3
P _{Total} (mg/kg)	2470	2430	1223	1230
Ca ²⁺ (mg/kg)	3710	3670	2289	2165
Mg ²⁺ (mg/kg)	1806	1703	832,8	853
K ⁺ (mg/kg)	1231	1293	925,3	742
Na ⁺ (mg/kg)	291	285	188	143
PO ₄ ³⁻ (µg/L)	2051	2033	674	170
DCO (g. O ₂ /L)	4,40	5,15	3,36	4,82
DBO ₅ (g. O ₂ /L)	2,12	2,75	2,37	3,5

G₁ : Echantillon 1 ; effluent à l'entrée (au niveau du dégrilleur) ;

G₂ : Echantillon 2 ; boues (au niveau du décanteur/déshuileur) ;

G₃ : Echantillon 3 ; effluent à la sortie de la STEP (au niveau du clarificateur) ;

G₄ : Echantillon 4 ; eau de rivière ABIERGUE, après rejet à l'exutoire de la STEP ;

G₅ : Echantillon 5 ; eau de rivière ABIERGUE, avant rejet à l'exutoire de la STEP.

G_i (i) Valeur rapportée au poids initial de la boue ;
(ii) Valeur rapportée avec une siccité de 94,6 %

X : Echantillon non analysé (très peu intéressant dans ce cas de figure).

II.2- Résultats des analyses de la teneur en métaux lourds et essentiels

❖ Résultats des analyses de la teneur en métaux lourds et essentiels (tableau II)

Tableau II : Teneur de boue en métaux lourds et essentiels. 554

Echantillons	G ₂
--------------	----------------

⁴Formazin Nephelometric Units

Eléments	
B (ppm)	0,0031
Cd (ppm)	0,00473
Cu (ppm)	575
Mn (ppm)	303
Zn (ppm)	2070
Fe (ppm)	15575
Cr (ppm)	0,06

Echantillons	
Micro-org. recherchés	G ₂
Streptocoques fécaux (UFC/ml)	4240
Coliformes fécaux (UFC/ml)	5200
Escherichia Coli (germes/100ml)	95
Staphylocoques Pathogènes	ind
Vibrions (germes/100ml)	35
Clostridium	ind
Salmonella	ind
Shigella (germes/100ml)	31

Remarque : ind=indénombrable

II.3- Résultats des analyses microbiologiques

✚ Résultats des analyses microbiologiques (tableau III)

Tableau III : Résultats d'analyses microbiologiques

II.4-Mise en évidence : Caractéristiques écotoxicologiques de polluants et micropolluants des boues Culture biologique à l'aide des *Poecilia reticulata*

L'expérience biologique dans ce cas consiste à utiliser le *Poecilia reticulata* (guppy⁵); reconnus pour leur forte capacité de résistance dans un environnement aquatique hostile.

Principe

Le procédé expérimental consiste à introduire les *Poecilia reticulata* dans cinq (05) tubes, qui, au préalable contiennent des effluents dont celui de l'entrée de la STEP, du décanteur/déshuileur, celui du bassin filtrant, celui de la sortie (au niveau du clarificateur) et enfin le témoin qui n'est d'autre que l'eau de la rivière où les *Poecilia reticulata* ont été pêchés. Conditionner à une température qui varie entre 24-25°C, avec un pH de l'effluent et pendant une durée de 21 jours dans un milieu aérobie (à l'air libre). La figure 1 expose la culture biologique effectuée (figure 1).



Figure 1: Vue de dessus montrant les *Poecilia(s) reticulata(s)* dans les effluents durant les 5 premiers jours

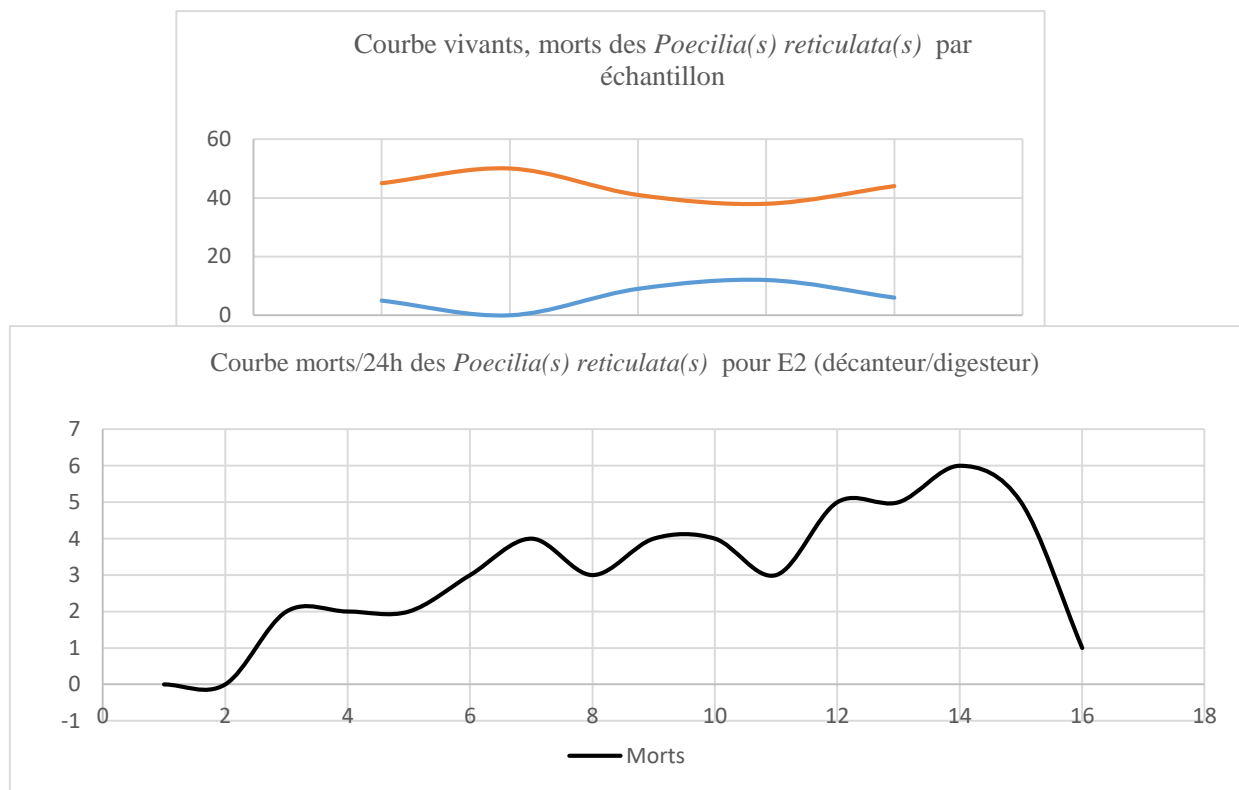
Tableau IV : Résistance des *Poecilia(s) reticulata(s)* dans les échantillons à une durée de 21 jours.

⁵ Guppy : Nom en langue vernaculaire de *Poecilia reticulata* (petits poissons)

Echantillons	Total	Morts	Vivants
E1 (entrée)	50	45	5
E2 (décanteur/déshuileur)	50	50	0
E3 (bassin filtrant)	50	41	9
E4 (sortie)	50	38	12
E5 (témoin/rivière)	50	44	6

Résultats (figure 2)

Figure 2 : Courbes représentatives des morts et vivants des *Poecilia(s) reticulata(s)* par échantillon



Cependant, dans ce cas d'espèce, l'échantillon E2 (effluent décanteur/déshuileur) fait particulièrement l'objet d'analyse et traitement des données afin de déterminer la quantité des *Poecilia(s) reticulata(s)* morts par jour et par échantillon ; et en une durée de 16 jours (figure 3).

Figure 3 : Courbe morts/24h des *Poecilia(s) reticulata(s)* pour E2 (décanteur/digesteur)

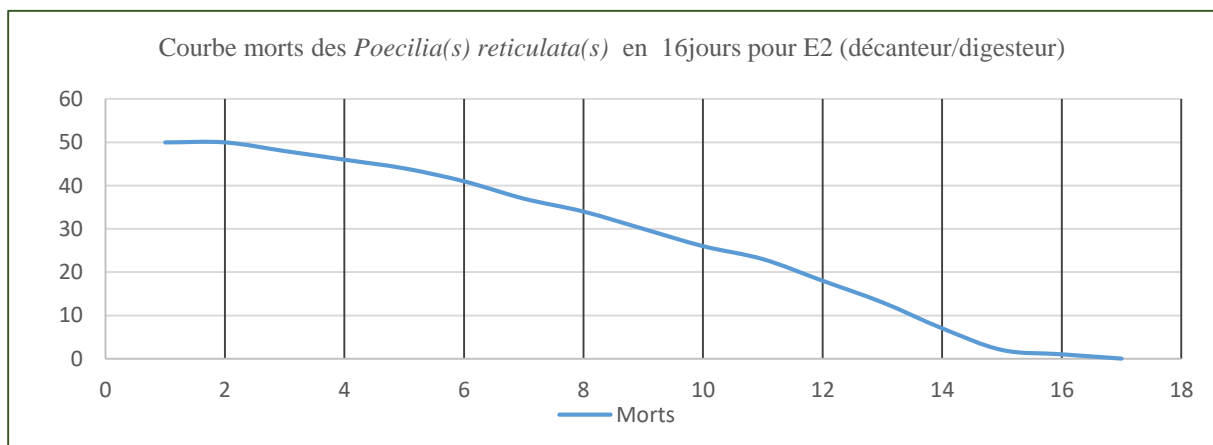


Figure 4 : Courbe morts des *Poecilia(s) reticulata(s)* en 16jours pour E2 (décanteur/digesteur

II.5-Mise en évidence de la culture végétale pratiquée et résultats

Après avoir fait les analyses physico-chimiques et biologiques de la boue issue de la STEP de la Cité-Verte, le protocole d'expérimentation suivant a été retenu pour évaluer l'impact de l'incorporation de la boue sur une espèce végétale élevée dans un sol argilo-sableux.

Ce bio-indicateur végétal est capital pour apprécier l'apport de la boue sa durée de stockage. La plante retenue est le Maïs de la famille des graminées est cultivé comme céréale pour ses grains riches en amidon, mais aussi comme plante fourragère. C'est une céréale la plus cultivée dans le monde. Cette plante tropicale est de la famille des *Poaceae*, sous-famille des *Panicoideae*, sous-classe des *Commelinidae*, et comme genre, *Zea*. Une durée de 70 jours a été jugée suffisante pour mener à bien l'expérimentation et pour atteindre l'objectif fixé à cet effet, deux (02) éléments ont été retenus pour une évaluation chiffrée de l'impact de l'apport des différentes boues dans un sol argilo-sableux : Nombre des feuilles ; croissance moyenne en hauteur (tableau V).

Tableau V : Evolution de la hauteur et nombre des feuilles du maïs

Mesure	MH ⁶ en cm	MH en cm	MH en cm	MH en cm	MH en cm	NMF ⁷
Echantillons	(14 jours)	(28jours)	(42 jours)	(56jours)	(70 jours)	
Echantillon 1 (boue séchée)	46	98,9	103,4	141,3	166	11
Echantillon 2 (Boue traitée)	41	98,8	108,1	151,3	165,4	15
Echantillon 3 (engrais chimique)	47	97,6	105	140,7	163,5	13

Au cours du cycle végétatif, la levée des plantes a été pratiquement homogène pour tous les échantillons après 9 jours de plantation. L'effet de l'apport des types de boues sur la croissance végétative des plantes n'a été mise en évidence que pour les boues traitées ; ceci expliquerait le fait qu'après une certaine durée, la plante atteint son max de croissance et n'aura qu'à germer. Les résultats montrent également qu'au début de la croissance des plantes, les échantillons expérimentés enregistrent une croissance avec une différence légère et une minéralisation aurait été commencée. La figure 5 ci-après représente la croissance de chaque 2 semaine en hauteur des plantes montre que les courbes de croissances ont une allure presque identique entre l'échantillon 1 (boue séchée) et l'échantillon 3 (engrais chimique) ; mais avec des différences importantes entre ces derniers et l'échantillon 2 (boue traitée).

⁶ Moyenne Hauteur

⁷ Nombre Moyen des Feuilles

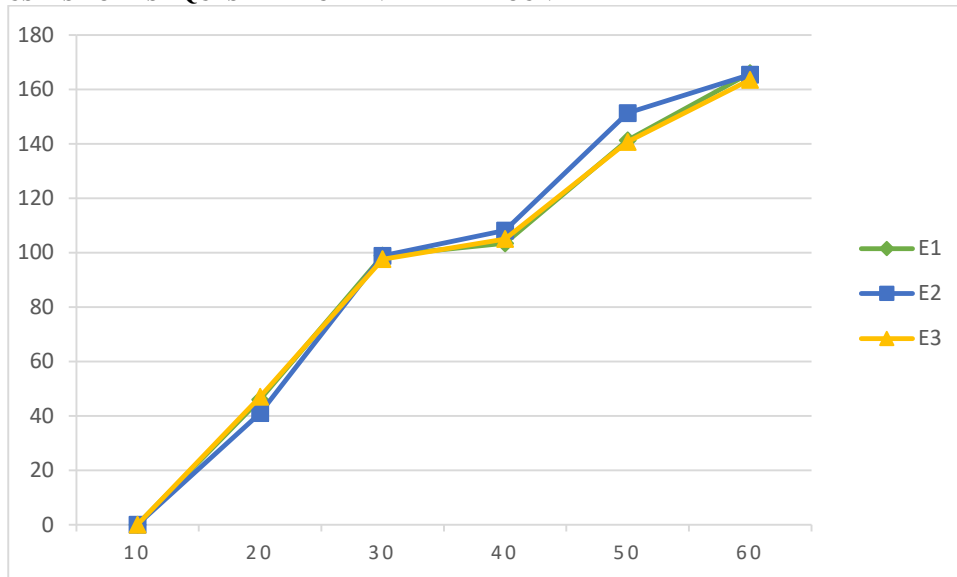


Figure 5 : Evolution de la hauteur des tiges des plantes

Le nombre des feuilles expriment la possibilité qu'à la plante de germer via son épi. La figure 6 montre les dispositions des épis des plantes (figure 6).



Figure 6 : Vue de profil montrant l'agencement des épis

Le rendement agricole de la culture végétale effectué présente un véritable écart au niveau des grains de maïs produit par les plantes tel que indiqué par la figure 7 ci-dessous.



Figure 7 : Vue de la qualité du rendement par les échantillons.

III-DISCUSSION

III.1-Discussion des résultats physico-chimiques

pH : Généralement le pH des boues résiduaires est situé dans un intervalle de valeurs bien précis donc $6 < \text{pH} < 8$. Dans le cas de nos échantillons, la moyenne se situe à 7,60.

Teneur en carbone organique ; ici, la méthode Anne permet d'évaluer le taux de matière organique de la boue connaissant sa teneur en carbone organique, c'est-à-dire la fraction de la boue susceptible d'être facilement biodégradé dans le sol. Pour Morel (1977), l'aptitude d'une boue à la minéralisation est en relation avec sa teneur en matière organique totale, plus elle sera riche en carbone organique total, plus sa minéralisation dans le sol sera intense.

Teneur en azote total ; la teneur en azote total des boues résiduaires représente également un des éléments qui constituent leur intérêt agricole. En effet, pour tous les échantillons analysés, les résultats montrent que celle-ci est très riche en azote total, et que sa concentration se situe au tour des normes citées par Lacée en 1985, (2 à 2,50%). En ce qui concerne la forme de l'azote présent dans la boue, Duchenne (2001) indique que 30 à 50% se trouvent sous forme minérale et principalement ammoniacal, la forme nitrique est restreinte, le reste étant constitué par azote organique. L'azote se transforme en combinaison d'ammonium si les conditions sont favorable, il s'oxyde en nitrite puis en nitrate ; ces transformations sont causées par des groupes des bactéries.

Phosphore (P) ; dont la plupart des sols sont mal pourvus, compte pour 0,1 à 0,4% de la matière sèche (Donahue, 1980), un épandage des boues peut combler ce déficit puisqu'elle contient une teneur en cet élément, sa teneur se situe au tour des normes citées par le même auteur (0,43 à 0,87) qui joue un rôle déterminant dans le transfert d'énergie.

Potassium et sodium : La boue est moyennement constituée en potassium même si cet élément reste souvent en solution dans les eaux d'épuration. Toutefois, il sera avantageux d'en faire l'apport des boues par un fertilisant potassique.

Calcium et Magnésium ; le calcium est indispensable pour la croissance des racines. Mais la plupart des sols sont abondamment pourvus en calcium assimilable par les plantes.

Les teneurs en magnésium total est relativement faibles dans la boue analysée. L'évolution du niveau du calcium et du magnésium dans le sol est un des facteurs à considérer dans des sols recevant des rapports répétés de boues.

Etude C/N ; ce rapport présente des valeurs qui indique une bonne minéralisation de la matière organique et une disponibilité en azote pour la plante. Il apparaît donc essentiel, de connaître le devenir de l'azote total apporté par les boues au sol. Il permet de prévoir les doses limites de boues à appliquer pour les cultures, limites au-delà desquelles, on risque de créer un enrichissement des eaux de drainage en nitrates. De ce fait, Morel (1977) propose que l'épandage des boues soit calculé en fonction de la quantité de l'azote total apporté. Dans le cas présent le rapport C/N de l'échantillon de boue étant de 25,88 : c'est ce qui est satisfaisant ; car il y a équilibre entre la libération de l'azote par minéralisation et la consommation par les microorganismes transformateurs de l'azote libéré (réorganisation) [...] (Bonneau, 1995).

III.2- Discussion des résultats des analyses de la teneur en métaux lourds et essentiels

Au regard des résultats récapitulés dans le Tableau 2, l'échantillon de boue étudiée présente une teneur en métaux lourds de 4,73 $\mu\text{g/L}$; c'est ce qui est légèrement presque aux valeurs limites prescrites par l'OMS donc le caractère dangereux de cet élément surtout sous l'effet de bioaccumulation dans les organismes vivants. Les métaux essentiels analysés sont dans des proportions favorables à la minéralisation de la plante par conséquent la qualité des fruits ; excepté le bore dont la teneur par dosage à la plante influencera véritablement le végétal cultivé. Généralement, les métaux lourds, notamment le Cadmium est apporté dans les boues presque exclusivement par des effluents d'origine industrielle et que c'est leur contenu en cadmium qui limitera à terme les doses d'apport d'un certain nombre de boues sur les végétaux consommables. En effet, ce métal se caractérise par sa mobilité et sa toxicité vis-à-vis de la chaîne alimentaire ; cette toxicité serait atténuée par la présence de zinc.

III.3-Discussion des résultats des analyses microbiologiques

On remarque la survie des micro-organismes après les traitements que subissent ces boues malgré un important

abattement qui pourrait atteindre un taux de 99%. En effet, en cas d'incorporation au sol, ces boues ne présenteraient pas de risques graves de contamination car les germes subsistant se trouvent dans un milieu où les conditions de vie bien particulières tels que la température et l'humidité, leur sont défavorables. Par conséquent leur survie dans la nature se trouverait limitée. Toutefois, la survivance des micro-organismes pathogènes après épandage est variable suivant les espèces. Ceci a été prouvé par Pommel et al., (1981). Nous avons par exemple le cas des vibrions qui peuvent résister de 10 à 20 jours ; alors que les coliformes fécaux et Salmonelles quant à eux peuvent survivre bien au-delà (20 à 70 jours).

CONCLUSION

Réaliser une installation de système d'épuration constitue une solution considérable pour récupérer un volume d'eau usée rejeté avec une capacité polluante remarquable. Il perdrait toute sa signification si le résidu du traitement « les boues d'épuration » n'était pas éliminé de façon non polluante et bien évidemment valorisante. A travers cette étude, les résultats d'analyse des échantillons retenus montrent que la boue issue de la station d'épuration présente de qualités et des caractéristiques écotoxiques des métaux lourds par bioaccumulation. Ils doivent susciter sinon entraîner une mise en place d'une filière de traitement des boues afin d'être valoriser aussi bien en énergie qu'en agriculture, en mélange pour la confection d'un substrat de culture, pour ses éléments fertilisants notamment : Azote, phosphore, potassium, magnésium, calcium, etc. ainsi que la matière organique qu'elle apporte.

Toutefois, l'expérience biologique a montrée avec certitude la qualité toxicologique d'échantillon de boue avec les *Poecilia Reticulata*. L'emploi des boues traitées, pourra cependant être recommandé chaque fois que le respect des normes en métaux lourds aura été vérifié. L'emploi d'échantillon à base de boue traitée par chaulage donne, un taux de germination très satisfaisant ; quant au boue séché, fraîche et témoin, elles ont donné respectivement des taux moyens et plus faibles. La croissance en hauteur, le nombre des feuilles, le nombre de « épis » et le nombre de ramifications racinaires sont autant des paramètres en faveur d'une utilisation positive des boues traitées comparativement aux autres (témoins). Le chaulage de la boue donne une grande valeur agronomique, dont l'innocuité microbiologique est garantie, et dégage très peu de nuisance olfactive. En outre, une valorisation énergétique des boues d'épuration par biométhanisation a permis la production du BIOGAZ, qui, à son tour est brûlé grâce à un système de cogénération pour la production d'électricité et de chaleur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arib S., Fouad Y., Massinissa Z., (2017). Pour une amélioration de la gestion des déchets dans le milieu urbain : Cas de la ville de Bejaia. Mémoire de Master en architecture, université Abderrahmane Mira-Bejaia, Algérie 91p.

Pommel B., (1981). La valorisation agricole des déchets : Les boues résiduaires urbaines INRA, 70p.

Morel J.L., (1977). Contribution à l'étude des boues résiduaires dans le sol. Thèse de docteur université Nancy, 122p.

Duchene, 2007. Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités. Document technique. Ministère de l'agriculture et de la pêche, 80p.

Bonneau M., (1995). Fertilisation des forêts dans les pays tempérés, E.N.G.R.E.F. Nancy 367p.

Comité de sécurité Alimentaire d'APRIFEL, 2001 : Les boues d'épuration, document de synthèse, 4p.

Wéthé, 2001. Use of macrophytes for domestic wastewaters treatment in developing countries. 2^{ème} journée scientifique en Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris 12, ENPC, CERREVE. Paris, France, 143p.

Donahue, 1980 : Contribution à l'étude des boues résiduaires : Interêt agronomique et effet des polluants dans le sol et le végétal. Mémoire de magistère en science agronomique université de Mostaghanem, 180p.

REMERCIEMENTS :M. CISSE Souleymane, l'actuel Directeur de la Station d'Épuration de la Cité-Verte à Yaoundé pour les dispositions prises.