



ARTICLE DE RECHERCHE

Article Info.:

Reçu : le 08/07/2024
Accepté : le 05/09/2024
Publié : le 14/10/2024

ESSAI DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES HUILES LUBRIFIANTES USAGÉES RÉCUPÉRÉES DANS DES GARAGES DE KINSHASA À L'AIDE DES URINES HUMAINES ET KAOLIN EN RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

Alain Lanasa^{1,*}, Herve Ngangu¹, Gurvitch N'siala¹, Samuel Mayimbi¹, George Mbom¹, Norbert Mbokadi¹, Taba Kalulu², Kayembe Sungula², Gizanga Valu¹, Biey Makaly¹

<https://doi.org/10.70237/jafrisci.2024.v1.i2.01>

Resumé

Dans les différents garages de Kinshasa (en République Démocratique du Congo), l'absence de prise en compte des normes environnementales est à la base des rejets, volontaires et/ou accidentels, des huiles usagées, directement dans l'environnement sans le moindre traitement préalable. Ces hydrocarbures usagés sont les polluants qui peuvent causer de nombreux problèmes environnementaux majeurs du fait de leur toxicité. Le but de la présente étude est de les traiter par la voie biologique les huiles lubrifiantes usagées des garages afin de réduire leur potentiel toxique. A cet effet, un système de traitement biologique aérobie était mis en place en mélangeant 4L d'huiles usagées avec 1L d'urines, 2Kg de Kaolin actif et 20L d'eau. La réduction de la toxicité des hydrocarbures a été appréciée à travers les tests de toxicité aiguë sur l'espèce *Gambusia Affinis* et les analyses microbiologiques avant et après traitement biologique de ces huiles. Les résultats obtenus sur la toxicité avant traitement de ces huiles ont révélé que la DL50 était autour de ± 3 ml/g des huiles usagées pour dire que le polluant est très toxique. Après traitement biologique, la DL50 est remontée autour de $\pm 66,7$ ml/g pour les huiles traitées, ce qui représente une diminution notable de la toxicité et classe ces huiles traitées dans l'ordre des effluents moins toxiques. Les analyses microbiologiques des huiles usagées avant leur traitement n'ont montré aucune bactérie ; en revanche, les analyses après traitement ont permis de mettre en évidence la présence des colonies bactériennes dont l'identification a révélé les bactéries suivantes : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* et *Pseudomonas*, qui sont pour la plupart lipolytiques. Cette étude a permis ainsi de traiter des huiles usagées grâce microorganismes et les propriétés intrinsèques des urines et le Kaolin.

Mots clés : Huiles usagées, hydrocarbures, traitement biologique, urines, microorganismes.

Abstract

In the various car garages of Kinshasa (in the Democratic Republic of Congo), the lack of consideration of environmental standards is the basis of the voluntary and/or accidental discharges of used oils directly into the environment without any prior treatment. These used hydrocarbons are pollutants that can cause major environmental problems due to their toxicity. The aim of this study is to treat used lubricating oils from car garages biologically in order to reduce their toxic potential. To this end, an aerobic biological treatment system was set up by mixing 4L of used oils with 1L of urine, 2Kg of active Kaolin and 20L of water. The reduction in the toxicity of hydrocarbons was assessed through acute toxicity tests on the species *Gambusia Affinis* and microbiological analyses before and after biological treatment of these oils. The results obtained on the toxicity before treatment of these oils revealed that the LC50 was around ± 3 ml/g of used oils to say that the pollutant is very toxic. After biological treatment, the LC50 rises to around ± 66.7 ml/g for the treated oils, which represents a significant reduction in toxicity and ranks these treated oils in the order of less toxic effluents. The microbiological analyses of the used oils before their treatment did not show any bacteria; on the other hand, the analyses after treatment made it possible to highlight the presence of bacterial colonies whose identification revealed the following bacteria: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* and *Pseudomonas*, which are mostly lipolytic. This study thus allowed to treat used oils thanks to microorganisms and the intrinsic properties of urine and Kaolin.

Key words : Used oils, hydrocarbons, biological treatment, urine, microorganisms.

1. INTRODUCTION

Les huiles lubrifiantes usagées sont les polluants qui peuvent

causer des problèmes environnementaux majeurs du fait de leur toxicité. Pour se retrouver dans l'environnement, elles proviennent de différentes sources dont la majorité est

Correspondance : lanasamatotoalain@gmail.com (A.. Lanasa)

Copyright : © The Author(s) Published under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY 4.0)

¹ Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

² Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologie, Département de Chimie et Industries

anthropique (Leila, 2014).

Des milliers d'entreprises utilisent ces huiles lubrifiantes qui, en fin de vie perdent leurs propriétés et deviennent des polluants (Paillard, 2010). Ces produits posent un problème environnemental dans la mesure où ils sont toxiques, cancérigènes, voire même tératogènes (Bouzadi, 2022).

Il faut signaler que la gestion des huiles lubrifiantes usagées est un problème sérieux du fait de leur caractère peu biodégradable, bio-accumulatif, etc. (El Amine, 1998). Aujourd'hui, on estime à 4,5 millions de tonnes la quantité des lubrifiants, des graisses et des huiles moteur consommée chaque année dans le monde ; et il en résulte 600 000 tonnes de ces produits usagés qui sont rejetés dans la nature avec de multiples dangers qu'ils présentent (Sawadogo et al., 2014).

Selon les études menées par Bourque en 2010, un litre d'huile usée peut polluer un million de litres d'eau à cause de sa faible densité, couvrir une surface d'eau de 1000 m², et polluer durablement 1 m³ de terre. En effet, les hydrocarbures sont des composés hydrophobes et leur persistance dans les écosystèmes est due principalement à leur faible solubilité dans l'eau. Ils ont tendance à être adsorbés par les sols, les sédiments ou les gouttelettes d'eau. Leur toxicité va de l'aiguë à chronique et parfois jusqu'à la Cancérogénèse (Bouzadi, 2022).

A l'instar des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'environnement, les techniques de traitement des huiles usagées incluent la volatilisation, la photo oxydation, l'oxydation chimique, la bioaccumulation, l'adsorption et la lixiviation. Mais, ces procédés physico-chimiques ne donnent pas toujours des résultats escomptés et sont souvent évités, rejettés à cause des décompositions parfois incomplètes (Belabid, 2022).

Certaines études ont montré que le recours aux microorganismes est une des meilleures voies pour la décontamination des eaux, des sédiments et des sols pollués par les hydrocarbures. Ces composés peuvent être dégradés par une communauté de micro-organismes ou par un micro-organisme particulier. Ainsi, la dépollution biologique constitue un moyen plus doux et naturel dans de tels traitements (Bouzadi, 2022). L'urine contient l'azote et d'autres éléments tels l'acide urique, le phosphore, le potassium et du soufre. Ces éléments sont la plupart sous forme assimilable par les microorganismes (Leinert et al. 2007).

Le rejet direct des huiles usagées des garages dans la nature sans traitement aura des conséquences néfastes, et cela d'autant plus qu'une huile déversée sur un plan d'eau empêche l'oxygénéation de la faune et de la flore pendant des années comme chaque litre d'huile usagée contamine un million de litres d'eau (Bourque, 2010).

Cette étude se propose de mettre en place un dispositif aérobie pouvant conduire à un développement d'un consortium de microorganismes lipolytiques capables de croître sur un milieu riche en huiles usagées et de les dégrader avant le rejet dans l'environnement.

2. MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu

La Commune de N'DJILI où les huiles usagées ont été récupérées, est située dans le secteur oriental de la ville de Kinshasa avec une superficie approximative de 11,4 Km².et en points rouges sont les garages dont leurs effluents sont dirigés vers l'exutoire naturel (rivière N'djili).

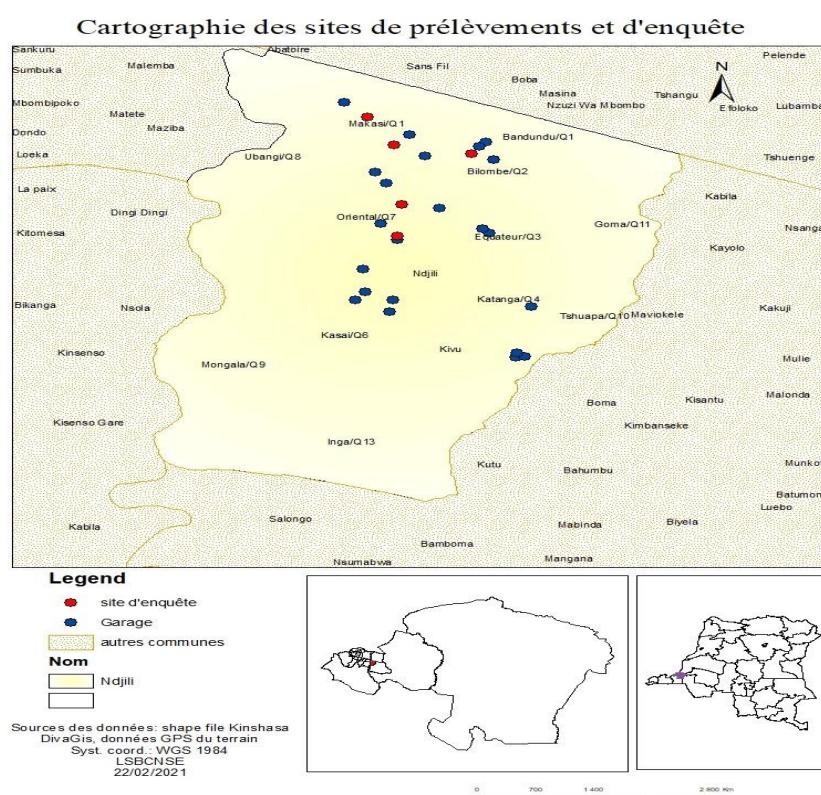


Figure 1. Localisation des différents garages dans la Commune de N'DJILI (Nyamobongwa, 2020)

2.2. Matériel

Les Huiles lubrifiantes usagées ont été récupérées dans des garages repris sur la carte ci-dessus. Ces huiles étaient gardées dans des bouteilles brunes en verre à l'abri de la lumière jusqu'au moment de leur traitement.

La souche pure Pseudomonas a été obtenue au Laboratoire de Microbiologie de l'Institut National de Recherches Biomédicales (INRB) à Kinshasa et a servi à la bioaugmentation.

L'argile utilisée dans cette étude est du Kaolin cuit, vendu dans le marché de la ville de Kinshasa. Elle a été broyée, tamisées et chauffée à 200 °C pendant 2 heures avant son utilisation. Alors que les urines ont été recueillies des latrines publiques dans la Commune de LIMETE à Kinshasa. Elles ont été conservées à température ambiante dans des bidons en Polyéthylène Haute densité hermétiquement fermés durant deux semaines pour

favoriser la croissance de certaines bactéries comme *Pseudomonas*.

2.3. Méthodes

2.3.1. Montage du dispositif aérobio (bioréacteur) pour le traitement des huiles usagées

Le dispositif comprend un bassin de relevage d'une capacité de 25 L, contenant les huiles brutes mélangées avec l'eau et le kaolin, raccordé au bassin d'aération ou bassin d'activation de 16 L par un bassin de 2 L pour l'ajout des urines. Le bassin d'activation est aéré par un moteur de 12V tournant à 75 Tr/min puis raccorder à un décanteur de 15 L, muni d'une vanne pour recueillir les huiles traitées ; le système étant monté sur un support en bois de 73cm. Le système avait un temps de séjour de 8 heures et le mélange passait dans le bassin d'aération d'une manière discontinue et processus de traitement a duré six mois.

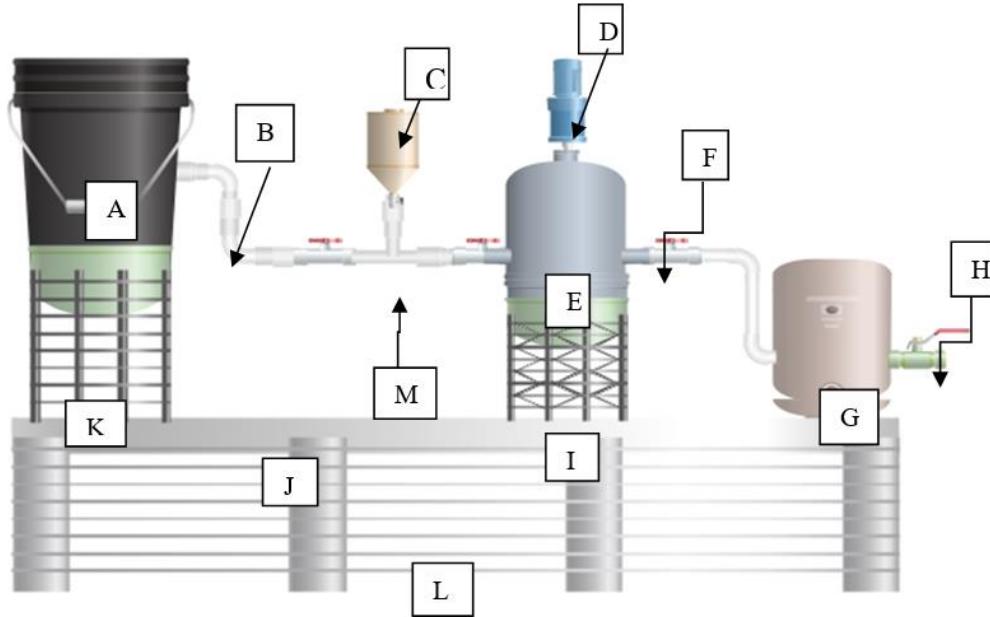


Figure 2 : (a) Schéma illustratif du système de traitement aérobio (bioréacteur)

Légende :

- A : Bassin de relevage,
- B : Le niple,
- C : Un bassin d'ajout d'urine,
- D : Un réacteur,
- E : Bassin d'aération,
- F : Une vanne,
- G : Bassin de décantation,
- H : un robinet,
- J : Plateforme de la table,
- I et K : Tabourets,
- L : Pieds de soutenance,

M : Tuyau

Pour le traitement, 20 L d'eau de robinet étaient placés dans le bassin de relevage où nous avons 4 L des huiles lubrifiantes usées et 2kg d'argile activée à la température de 200 °C, il signaler que l'argile était ajoutée dans le bassin de relevage pour diminuer l'effet de la toxicité des huiles usées grâce à la propriété chélante et tampon de l'argile et 1 L d'urines était à un bassin de raccord entre le bassin de relevage et bassin d'activation. Une fois les huiles usagées en contact avec les urines, l'eau et l'argile dans le bassin d'activation, il va se former des flocs qui vont créer un biofilm dans bassin de repos. Le débit d'in put et out put était de 50 mL par seconde dans le bassin d'aération et le bassin de repos. L'aération était exercée par un moteur de 12 V en raison de 75 tr/minute après un temps

de séjour de 8 heures, le mélange est ensuite transféré dans le bassin de décantation avec le même débit de 50 mL par minute. Après un temps de résidence hydraulique de six mois dans le bassin de repos, l'affluent est collecté pour des analyses (Lanasa, 2016).

Pour évaluer l'efficacité du traitement, la toxicité sur l'huile lubrifiante brute et l'effluent a été évaluée sur le *Gambusia affinis*.



Figure 2 (b) : (a) bassin de relevage, (b) bassin d'aération et (c) bassin de décantation

2.3.2. Analyses écotoxicologique et microbiologique

2.3.2.1. Détermination de la toxicité aiguë

Un test rapide de détermination de la toxicité aiguë des huiles usagées a été réalisé sur les poissons *Gambusia affinis* suivant la procédure décrite par Kusonika (2021). Ce test a consisté à placer un nombre défini de ces poissons dans l'eau à laquelle on ajoute des quantités croissantes d'huiles usagées traitées ou non, sous agitation et à déterminer la mortalité après 4 jours de contact.

Comme l'huile brute usagée n'est pas soluble dans l'eau, des dilutions allant de 10 à 10^{-3} ont été réalisées pour le test sur le *G. affinis*. Après traitement, le produit obtenu étant soluble dans l'eau, plusieurs solutions ont été préparées avec des volumes allant de 0 à 100 mL d'huiles traitées pour un volume total de 100 mL ; la différence étant complétée par l'eau de robinet.

La DL₅₀ a été déterminée à l'aide de l'équation de Behrens-Karber (2017)

$CL_{100} \text{ ml/g}$ = c'est la concentration des huiles usées brutes par le poids d'individu du testé,

$\Sigma(ab)$ = c'est la somme de (ab),

n = c'est le nombre d'individu par étang,

a = c'est l'écart entre deux concentrations successives,

b = c'est la moyenne de mortalité entre deux concentrations successives.

2.3.2.2. Analyse Microbiologique

Pour la mise en évidence des coliformes fécaux, le milieu Mc Conkey a été utilisé, alors que le milieu Muller Hinton l'a été pour la détermination des coliformes totaux (Droguet, 2022).

Pour l'identification des autres souches, les milieux Kligler, Citrate Simmons et MIU ont été utilisés et l'identification des souches a été effectuée grâce au tableau d'identification (Boughachiche, 2016).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats écotoxicologiques

- Résultats des Huiles usées non traitées
Taille de l'échantillon N = 3

$$CL_{50} = CL_{100} \text{ ml/g} - \frac{\Sigma (ab)}{n}$$

Concentrations de l'effluent	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	n'	% de morts	% de survivants
10 mL	0	1	1	1	3	100	0
8 mL	1	1	1	0	3	100	0
6 mL	0	2	0	1	3	100	0

4 mL	0	1	1	0	2	67	33
2 mL	0	0	1	0	1	33	67
0 mL	0	0	0	0	0	0	100

La mort précoce dans la concentration de 8 mL par rapport à la concentration de 10 mL pourrait s'expliquer pour le seuil de tolérance du poisson soit par le stress. Le nombre dans l'étang

est facteur de la surface ainsi pour augmenter l'intervalle de confiance, nous avons fait trois répétitions.

[]	Ecart entre les concentrations (a)	\bar{y} de mortalité inter dose (b)	$\Sigma (ab)/n$
10 ml		3	
8 ml		3	6
6 ml		3	6
4 ml		2,5	5
2 ml		1,5	3
0 ml		0,5	1
		0	$\Sigma (ab)/n = 21/3 = 7$

$$CL_{50} = CL100 \text{ ml/g} - \Sigma (ab)/n$$

$$CL_{50} = 10 \text{ ml/g} - 7 \text{ ml/g}$$

CL₅₀ = 3 ml/g l'effluent est Très toxique.

Il ressort de ce test écotoxicologique sur les huiles usées brutes que CL₅₀ = 3 ml/g est la dose capable de donner la mort de 50% d'individu et cette concentration est classée dans la catégorie de danger 1 de toxicité aiguë soit très toxique c'est-à-dire que ces huiles usées peuvent empoisonner rapidement les poissons à de faibles doses par voie orale, cutanée ou par inhalation

(Kaptitude, 2014). C'est ce qu'a confirmé l'étude menée par Leila en 2013, que les hydrocarbures usagés sont les polluants qui peuvent causer des nombreux problèmes environnementaux majeurs du fait de leur toxicité et ils sont omniprésents dans l'environnement à travers différentes sources dont la majorité anthropique.

➤ **Résultats des Huiles usées traitées**
Taille de l'échantillon N = 3

Concentration de l'effluent	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	n'	% mortalité	% survivants
100 ml	0	1	1	0	2	67	33
80 ml	0	1	1	0	2	67	33
60 ml	0	0	0	1	1	33	67
40 ml	0	1	0	0	1	33	67
20 ml	0	0	0	0	0	0	100
0 ml	0	0	0	0	0	0	100

[]	Ecart entre les concentrations (a)	Moyenne de mortalité (b)	$\Sigma (ab)/n$
100 ml		2	40
80 ml		2	30
60 ml		1,5	20
40 ml		1	10
20 ml		0,5	0
0 ml		0	$\Sigma (ab)/n = 100/3 = 33,3$

$$DL_{50} = DL100 \text{ ml/g} - \Sigma (ab)/n$$

$$DL_{50} = 100 \text{ ml/Kg} - 33,3 \text{ ml/Kg}$$

DL₅₀ = 66,7 ml/Kg l'effluent est moins toxique.

Les résultats repris dans ce tableau montrent que les huiles lubrifiantes traitées présentent une très faible toxicité sur le G.

affinis avec une DL₅₀ = 66,7 ml/g. Cette valeur classe ces huiles lubrifiantes traitées dans la catégorie des produits moins dangereux (Kaptitude, 2014). Cette réduction de toxicité est le résultat du travail des microorganismes lipolytiques et oliphages qui ont colonisé ces huiles et ont dégradé les produits délétères responsables de leur toxicité (Sawadogo, 2014).

Résultats des analyses bactériologiques

Bactéries identifiées	Caractères biochimiques								
	Kliggler				MIU			Citrate	
	Glu	Lac	H ₂ S	CO ₂	Mob	ind	Urée	Positif	Négatif
<i>Citrobacter freundii</i>	+	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>Enterobacter cloacae</i>	+	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>Klebsiella spp</i>	+	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>Pseudomonas spp</i>	+	+	-	+	+	-	-+	+	-

Les résultats ont montré qu'après le traitement, les bactéries comme : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* et *Pseudomonas*, ont été impliqués dans la biodégradation des hydrocarbures et sont souvent lipolytiques (dégradent le lipide) ou oliphages (ingèrent les microéléments) par la voie aérobie et anaérobiose et ces organismes appartiennent à tous les groupes connus des micro-organismes (Sawadogo, 2014). Ils agissent bien et efficacement en consortium dans des conditions de température, salinité, d'oxygène, d'huile usagée, des nutriments bien précis et des oligo-éléments qui accélèrent l'activité microbienne. Ces résultats corroborent ceux de

Guermouche (2014), qui avait procédé à une analyse moléculaire des bactéries impliquées dans la biodégradation des hydrocarbures. Céline Gautier en 2007 avait mis l'accent sur l'activité de *Pseudomonas* dans la biodégradation des hydrocarbures. Les souches de *Pseudomonas* spp apportées de l'INRB ont été inoculées dans le bassin d'activation pour la bio-augmentation et le produit final de traitement a une caractéristique presque des eaux usées domestiques que nous envisageons caractériser prochainement.

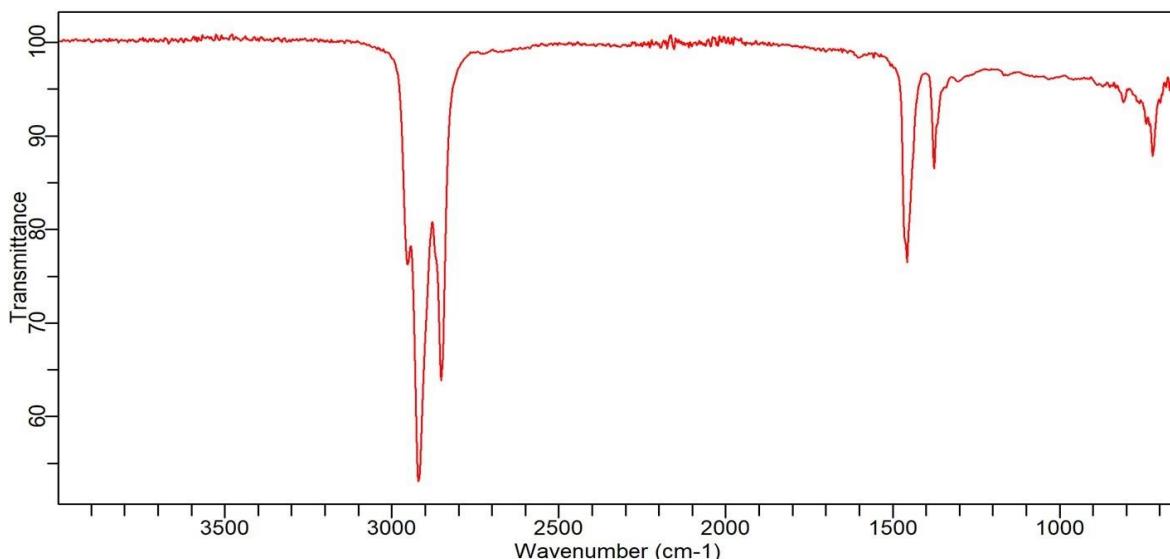
Résultats de pH, conductivité, température, salinité, TDS, COT, DCO et DO

Paramètres	Huiles usagées	Huiles traitées
pH	7,4	7,0
Conductivité	1400 µs/cm	113,7 µs/cm
Température	27,8 °C	27,3 °C
Salinité	0	0
TDS	1200 mg/L	114 mg/L
Carbone organique	56%	1,22%
DCO	8000 mg d'O ₂ /L	200 mg d'O ₂ /L
Oxygène dissous	2 mg/L	5 mg/L

Au regard des valeurs des paramètres obtenus après le traitement des huiles lubrifiantes usagées reprises dans le tableau ci-haut, confèrent à ces huiles traitées un caractère des eaux usées comparables aux valeurs des eaux usées des caniveaux comme indiquent les normes AFNOR de 2022 dont

les valeurs de rejet acceptables sont : pH = 6 à 9, T° = < 25°C, conductivité = 200 µs/cm, salinité = < 1, oxygène = 5,5 mg d'O₂/L et DCO = 150 mg d'O₂/L.

Résultats de IR des huiles lubrifiantes usagées brutes

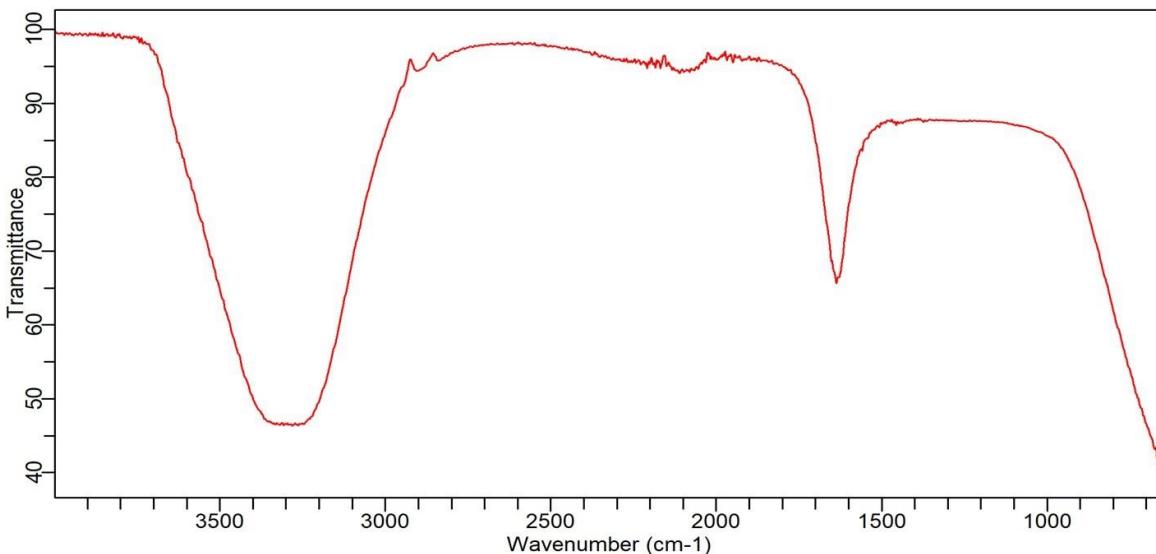


Peak Number	Wavenumber (cm ⁻¹)	Intensity	Groupements fonctionnels
1	670.92081	0.87386	
2	721.23987	0.72715	-CH ₂ - (720 cm ⁻¹)
3	741.74023	0.79938	Benzène monosubstitué (700 à 750 cm ⁻¹)
4	810.69598	0.84778	Benzène méta ou para disubstitué (800 à 900 cm ⁻¹)
5	851.69670	0.88238	
6	870.33338	0.88251	
7	957.92582	0.89834	
8	1075.33697	0.90354	
9	1166.65674	0.90800	
10	1306.43191	0.89417	
11	1377.25133	0.70598	CH ₃ - (1457 à 1372 cm ⁻¹)
12	1457.38909	0.48929	
13	1602.75527	0.94704	C – C (environ 1600 cm ⁻¹)
14	1699.66605	0.96009	
15	2724.68396	0.95589	
16	2851.41345	0.22582	C – H (3000 – 2850 cm ⁻¹)
17	2920.36920	0.00000	
18	2952.05157	0.48434	

Les trois pics dans cette plage nous révèlent la présence du groupement (**C-H**) dans la bande (<3000 à 2850 cm⁻¹), la présence du groupement (**CH₃-**) dans la bande (1457 à 1350 cm⁻¹), les noyaux benzéniques (700 à 750 cm⁻¹ et 800 à 900 cm⁻¹) le groupement (-**CH₂-**) dans la bande de (720 cm⁻¹) ; ce qui

nous amène à dire que cet effluent est composé des **hydrocarbures polycycliques (HAP)** (Richard Giasson, 2005).

Résultats de IR des huiles lubrifiantes usagées traitées



Peak Number	Wavenumber (cm ⁻¹)	Intensity	Groupements fonctionnels
1	1636.30131	0.43329	(-C = C-) (1680 - 1600 cm ⁻¹)
2	1921.44266	0.93377	R – N = C – S (2140 - 1990 cm ⁻¹)
3	1949.39769	0.93066	

4	2001.58042	0.93713	
5	2111.53688	0.90728	
6	2842.09510	0.93498	
7	2905.45984	0.91184	(OH) (3281 - 2905 cm ⁻¹)
8	3281.92097	0.11166	

Les deux pics dans cette plage nous révèlent de la présence du groupement (**OH**) dans la bande (3281 à 2905 cm⁻¹), la présence du groupement amine dans la bande (2140 - 1990 cm⁻¹) et la présence du groupement (-C = C-) dans la bande (1600 à 1680 cm⁻¹) ; ce qui nous amène à dire que cet effluent est composé des **Alcènes avec un alcool ou un phénol et isonitrile**.

Résultats en image



Figure 3 : à gauche (huile non traitée) au milieu (traitement mi-chemin) et à droite (traitement final)

Au regard de la couleur que représente nos effluents au cours du traitement, il sied à signaler que le traitement des huiles lubrifiantes par la voie biologique avec l'ajout des urines et kaolin est vraiment efficace, les huiles ont commencé par former d'abord le biofilm puis la dégradation nous amène à classer l'effluent final à l'eau usée compte tenu de la couleur et les valeurs des paramètres physico-chimiques obtenues selon les normes AFNOR de 2022.

4. CONCLUSION

La présente étude a permis de montrer que les microorganismes sont un atout au processus de traitement biologique des hydrocarbures usagés dont la concentration CL₅₀ = ±3 ml/g a été révélée très toxique qui les classe dans la catégorie 1 d'ordre toxicité mais après le traitement par le dispositif aérobiose (bioréacteur) mis en place, les résultats ont révélé une réduction considérable de la toxicité de ces hydrocarbures usagés, soit CL₅₀ = ± 66,7 ml/g sur les poissons *Gambousia affinis* qui a été révélée moins toxique, ce qui nous amène à classer dans la catégorie des effluents moins toxiques comme les eaux usées domestiques. Cela se confirme aussi avec les résultats des analyses physico-chimiques sont proches de la fourchette normative des eaux usées. Il faut par ailleurs signaler que cette biodégradation constatée dans l'huile traitée est l'œuvre des microorganismes présents tels que (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella spp* et *Pseudomonas spp*) ce qui nous pousse à croire que notre traitement de ces huiles usées par la méthode biologique enrichie par les urines peut être recommandée par rapport à son efficacité et son efficience surtout que la gestion des huiles lubrifiantes usagées aujourd'hui constituent un dilemme pour les industriels.

Pour les perspectives d'avenir, nous envisageons faire la spectrométrie de masse de ces huiles avant et les eaux usées obtenues après traitement afin de déterminer la nature de ces produits finaux de cette biodégradation et proposer ce système pour la gestion des huiles lubrifiantes usagées surtout que la méthode n'est pas vraiment couteuse et assure une gestion durable des compartiments environnementaux notamment l'air, eau et sol.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Behrens-Karber, 2017. Method for determination of 96h-LC50 dose of lead nitrate in *Clarias Batrachus*.
- [2] Belabid Mokhtaria, 2022. Recyclage des huiles usagées par une Argile locale active. Mémoire Master Université Ibn Khaldoun-Tiaret.
- [3] Boughachiche Roumeissa, 2016. Caractérisation morphologique, biochimique et mutagénèse des *Klebsiella pneumoniae* au CHU de Constantine, Thèse de Doctorat, Université des Frères Mentouri Constantine d'Algérie.
- [4] Bourque Claude, 2010. Les huiles usagées, Fiches informatives, Recyclées. Québec, Gouvernement canadien,
- [5] Bouzidi, 2022. Toxicité des pesticides et des hydrocarbures sur les ELYDOYHV PDULQV LPSAT nanoparticules métalliques. Thèse à l'Université de Carthage.

- [6] Céline Gautier, 2007. Biodégradation des hydrocarbures en milieu poreux insaturé. Thèse de Doctorat, Université de Pau et de Pays de l'ADOUR.
- [7] Droguet Sébastien, 2022. Recherche des bactériophages sur les milieux de culture. Lycée Louis Bertrand.
- [8] El Amine Fellah, 1998. Biodégradation et gestion des huiles de coupes usées, Maitrise en sciences de l'environnement Université de Québec.
- [9] Guermouche M'Rassi Amel, 2014. Caractérisation moléculaire des bactéries impliquées dans la biodégradation des hydrocarbures. Université d'Oran.
- [10] Kaptitude, 2014. Classification des toxiques. Stand N*D30 Page 5
- [11] Kusonika Athanase, 2021. Contribution à l'étude de l'écosystème anthropisé de la rivière Matete à Kinshasa. Thèse
- [12] Leila Faham, 2014. Techniques de traitement in situ des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les eaux de surface. Maitrise en environnement, Université de Sherbrooke.
- [13] Lienert, J., T. Burki, et B.I. Escher. 2007. Reducing Micropollutants with Source control: Substance Flow Analysis of 212 Pharmaceuticals in Faeces and urine. Water and technology 56 (5): 201.
- [14] Paillard Christophe-Alexandre Zoro, 2010. Géopolitique des Hydrocarbures le Moyen-Orient au cœur des enjeux énergétiques du XXIe siècle Article Magazine Moyen-Orient le Monde Arabo-musulman.
- [15] Sawadogo Adama et Koïne Maxime Drobo, Samia Laokri, Jacques Saizonou, Hervé Hien, Tinoaga Laurent, Ouedraogo, 2014. Isolation and Characterization of Hydrocarbon-degrading bacteria from westerwaters in Ouagadougou Bourkinafaso, Art, Research center for biolocal Alimentary and nutritional sciences research and training unitt live and eath sciences Université of Ouagadougou.