

EVOLUTION OF DETERGENTS IN WASTEWATER AND SLUDGE FROM REFINING INDUSTRY OF VEGETABLE OILS AND THEIR ABATEMENT BY COMPOSTING

EVOLUTION DES DETERGENTS DANS LES EAUX USEES ET LES BOUES D'INDUSTRIE DE RAFFINAGE DES HUILES VEGETALES, ET LEUR ABATTEMENT PAR COMPOSTAGE

**Slimane Lahsaini^{1*}, Anas Aguelmous¹, Mohamed Chatoui¹,
Laila Idrissi¹, Loubna El Fels², Salah Souabi¹, Mohamed Hafidi²**

¹*Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques, BP 146, 20650,
Mohammedia, Maroc*

²*Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Bd Prince My
Abdellah, B.P. 2390, 40000, Marrakech, Maroc*

*Corresponding author: lahsaini.lahsaini@gmail.com <mailto:lahsaini.lahsaini@gmail.com>

Received: March, 11, 2017

Accepted: May, 02, 2018

Abstract: This research aims to determine the effectiveness of the wastewater treatment plant (WWTP) in removing detergents from Moroccan edible oils unit. The produced sludge was composted with straw and green waste (5:4:1 v/v/v), the mixture allows a dilution of detergents up to 79.11 % compared to fresh sludge alone. The efficiency of the WWTP for removing detergents ranges from 6 to 50 % with an average of 35 % for different samples. However composting has reduced the detergents contained in the sludge with 85.84 % compared to the initial mixture (T₀). These results show that the composting of sludge is an efficient technology for the biodegradation of toxic components.

Keywords: *aerobic biodegradation, composting, detergents, maturity, refining sludge*

INTRODUCTION

Durant les dernières années, la demande en eau pour les besoins agricoles, humains et industriels augmente ce qui conduit à la nécessité d'un plan national pour la purification des eaux usées. Cependant, quel que soit le système adopté, la purification des eaux usées génère des quantités considérables et inévitables de boues. Dans le rapport national de la stratégie de gestion des boues de stations d'épuration (STEP) au Maroc en 2009 les prévisions de la production de boues sont de 300000 tonnes par an en 2025. Leader dans le marché de production et de commercialisation des huiles de table et de savon, la société Lesieur traite des volumes importants des eaux usées, aux alentours de 1800 m³ / jour, et génère des quantités élevées de boues de 7 t par jour. La présence des détergents dans les eaux usées traitées peut causer de graves problèmes environnementaux [1, 2]. Selon Kowalska *et al.* [3], ces composés peuvent être relativement toxiques pour les milieux aquatiques, ce qui nécessite un procédé de traitement efficace afin de protéger l'environnement [4]. En raison de leur complexité, les détergents dans les eaux usées sont très difficiles à traiter [5]. Il existe plusieurs méthodes pour leur élimination, impliquant des processus tels que l'oxydation chimique et électrochimique, technologie de membrane, précipitation chimique, dégradation photo catalytique, adsorption et diverses méthodes biologiques. Chacune d'elles à une certaine limite et inconvénient dans la demande [6]. Le traitement des détergents des eaux usées par des processus biologiques tels que les boues activées est une sérieuse problématique en raison de la faible cinétique de dégradation et de la production de la mousse [7].

Plusieurs solutions existent pour l'élimination des boues : l'incinération [8], mises en décharge, ou encore recyclées en agriculture [9], mais le choix dépend du coût de l'installation, l'origine de la boue, la valeur ajoutée du produit fini et l'impact environnemental potentiel de la boue non traitée. L'utilisation des boues brutes constitue en quelque sorte un retour à la pratique ancestrale de l'épandage des eaux usées brutes [10]. Afin de protéger l'environnement et d'éviter tout transfert de la pollution, en particulier les détergents des eaux usées traitées dans les boues, nous avons testé le compostage comme une technique pour réduire considérablement cette pollution.

Le compostage est défini comme la décomposition biologique aérobie et la stabilisation de substrats organiques, dans des conditions aérobies qui permettent l'augmentation de la température suite à la chaleur produite biologiquement, pour obtenir un produit final qui est stable, hygiénique et mature destiné à une utilisation agricole [11]. La valorisation agricole de boues résiduelles peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges [12]. Les boues résiduelles peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais chimiques coûteux, néanmoins, ces solutions ne peuvent pas être autorisées avant de vérifier les agents pathogènes, les traces d'éléments métalliques (Cr, Cd, Zn, Cu, Pb), et les polluants organiques (phtalates, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), PolyChloroBiphényle (PCB) et les détergents) [13 – 15].

La présence des détergents dans les boues est due aux origines des eaux usées traitées dans les stations d'épurations des sociétés agro-industrielles, en particulier les industries de production des huiles de table et de savon. La présence des détergents peut augmenter la solubilité des graisses et la saleté dans l'eau [16]. En effet, ils ont récemment été identifiés comme principaux composés organiques anthropiques dans les boues d'épuration en raison de leurs propriétés physico-chimiques, donnant lieu à des effets toxiques lors de leur accumulation dans les boues et les sédiments [16]. En Europe, les critères pour les détergents ont été établis et inclus à l'exigence de biodégradabilité dans des conditions anaérobies. Selon les directives de l'Union Européenne les détergents peuvent contenir des agents tensioactifs qui sont facilement dégradés [17]. Néanmoins de nombreux travaux montrent qu'à faible concentration, les détergents auraient des effets néfastes et nocifs sur le fonctionnement des écosystèmes. Dans le présent travail nous avons étudié l'efficacité de la station d'épuration (STEP) d'une société de production des huiles de table et de savon dans l'élimination des détergents, ainsi que l'évaluation des variations de leur concentration et les effets de leur élimination au cours du compostage en fonction de la boue fraîche et du mélange initial.

Le compost étudié est constitué d'un mélange de boues-paille-déchets verts. La connaissance de ces mesures peut nous permettre d'avoir une évaluation plus cohérente sur la qualité du compost fini.

MATERIEL ET METHODES

Caractérisation et échantillonnage des eaux usées

Le Tableau 1 présente les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées à traiter, ce qui permet de déduire une appréciation préliminaire sur la qualité et le degré de la pollution de cette eau.

Tableau 1. Caractérisation physico-chimique des eaux usées à traiter

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	0,65	4,22	1,5
Température [°C]	24	39	33
DBO ₅ [mg·L ⁻¹]	1400	5800	2992
DCO [mg·L ⁻¹]	19900	61200	37723
MES [mg·L ⁻¹]	1600	12400	4594
Turbidité [UNT]	300	800	600
DCO/DBO ₅	14,21	10,55	12,6

DBO₅ : Demande biologique en oxygène pendant 5 jours ; DCO : Demande chimique en oxygène ; MES : Matière en suspension.

Afin d'évaluer l'efficacité de la station d'épuration de la société Lesieur dans l'élimination des détergents, un total de 21 échantillons ont été prélevés en amont de la STEP (Figure 1) à raison de 3 échantillons pour chaque début de semaine et cela pour une durée de 7 semaines.

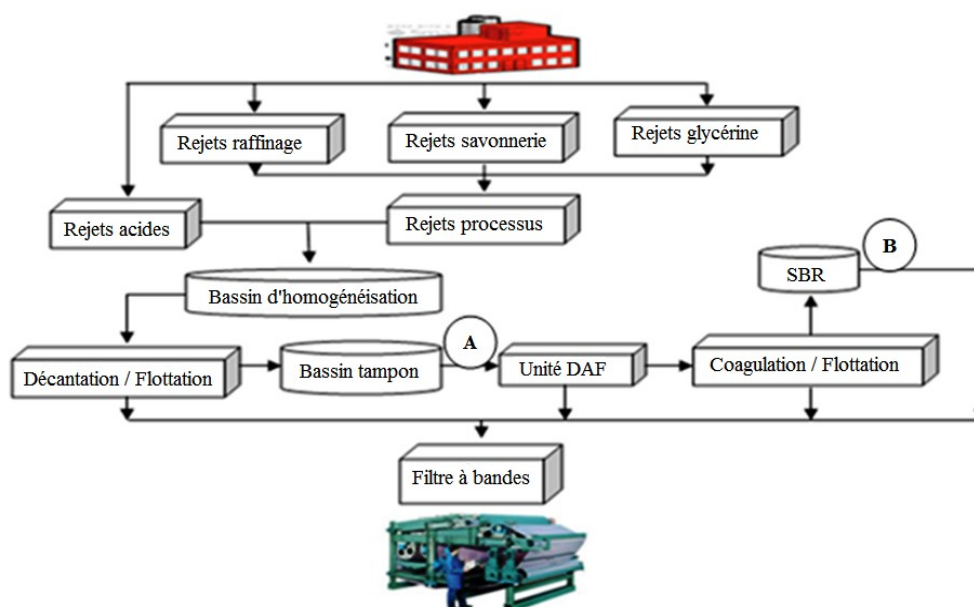


Figure 1. Les différents points de prélèvements des eaux usées et de boues au sein de la société Lesieur (A: l'entrée de la station d'épuration ; B: l'étape finale de la station d'épuration)

Essai de compostage

La boue, les déchets verts et la paille, sont les 3 substrats utilisés dans le compostage. Les boues d'épuration proviennent de la station d'épuration (STEP) de la société Lesieur de production des huiles de table et de savon. Les principales caractéristiques des substrats utilisés sont présentées dans les Tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Caractérisation physico-chimique de la boue

Paramètres	Moyenne
pH	5,25 ± 0,05
Conductivité [mS·cm ⁻¹]	1,2 ± 0,1
MS [% de poids sec]	44,3 ± 1,5
MO [% de poids sec]	84,06 ± 0,3
NTK [% de poids sec]	0,9 ± 0,2
COT [% de poids sec]	30,1 ± 1,5
C/N	33,4
Détergent [mg·kg ⁻¹ de poids sec]	29920

MS : Matière sèche ; MO : Matière Organique ; NTK : Azote Total Kjeldahl ;
COT : Carbone Organique Total

La boue à une texture non poreuse, d'où le choix de la paille, qui permet l'obtention d'un espace lacunaire pour une bonne pénétration de l'oxygène au sein des déchets à composter. Le choix des déchets verts est justifié par la faible teneur des boues en azote. Les déchets verts et la paille de blé proviennent d'une serre de la ville de Mohammedia, Maroc. Les principales caractéristiques de ces substrats sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Caractérisation physico-chimiques des substrats mélangés avec la boue

	Humidité [%]	MO [mg·kg ⁻¹] ^a	pH	Conductivité [mS·cm ⁻¹]	COT [%] ^a	NTK [%] ^a	C/N
Paille	10 ± 1,6	925 ± 2	-	-	36,05 ± 1,2	3,5 ± 0,5	103
DV	80,0 ± 1,0	680,50 ± 1,5	6,50 ± 0,5	1,2 ± 0,3	33,56 ± 1,6	28,5 ± 0,6	11,76

MO : Matière Organique ; COT : Carbone Organique Totale ; NTK : Nitrogène Total de Kjeldahl ;
DV : Déchets Verts ; ^a : en poids sec.

Suite à des essais à l'échelle du laboratoire, la proportion des substrats utilisés dans le démarrage du processus de compostage est comme suit : 50 % boues + 40 % déchets verts + 10 % paille, pour un volume total de 1500 kg.

Le mélange a été humidifié à 60 % (valeur optimale pour le compostage) et recouvert avec une bâche. L'aération a été fournie par un mélange manuel régulier, pendant 6 mois.

Analyses physico-chimiques des eaux usées et de la boue

Analyses physico-chimiques des eaux usées

Différents paramètres physico-chimiques des eaux usées ont été réalisés : le pH (à l'aide d'un Fisher Scientific™ accumet™ AB15 Basic and BioBasic™ pH/mV/°C Meters, Fisher Scientific, Etats-Unis) selon la méthode de El Fels *et al.* [18], la température (avec Fisher Scientific™ accumet™ AB15 Basic and BioBasic™ pH/mV/°C Meters, Fisher Scientific, Etats-Unis), la DBO₅ est mesuré avec la méthode de mercure, la DCO par la méthode de reflux fermé, l'analyse des MES est effectuée par la méthode de centrifugation selon la norme NF T 90-105-2 de janvier 1997 [19], la turbidité (à l'aide d'un turbidimètre HACH, modèle 2100N, Etats-Unis) est mesurée selon la norme NF EN ISO 7027 de mars 2000 [20].

Les 7 échantillons des eaux usées ont été analysés conformément à la procédure prévue dans les méthodes standards pour l'examen des eaux usées [21]. Le pH et la température de tous les échantillons ont été mesurés immédiatement après les prélèvements. Les détergents ont été extraits en utilisant le toluène comme solvant, et à l'aide du colorant éthyle violet. Le taux des détergents dans nos extraits a été calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax + b$).

Analyses physico-chimiques des échantillons de compostage

Les échantillons à analyser ont été obtenus par la méthode de quartage par mélange soigneux de plusieurs sous échantillons de T₀ (mélange initial du compostage), T₁ (mélange après un mois), T₂ (mélange après deux mois), T₃ (mélange après trois mois), T₄ (mélange après quatre mois), T₅ (mélange après cinq mois) et T₆ (mélange final après 6 mois) à différents points de l'andain (longueur, hauteur) puis conservés à -20 °C jusqu'à leur analyse. Le pH et la conductivité ont été mesurés dans un extrait aqueux de différents stades de compostage à une température ambiante (1 g/10 mL d'eau distillée). La teneur en humidité a été déterminée par séchage (100 g de compost à 105 °C pendant 48 h) [22]. Le Carbone Organique Total (COT) et la teneur des cendres ont été calculés après calcination de l'échantillon dans un four à moufle (four à moufle Nabertherm, modèle type L 5/11, Allemagne) à 600 °C pendant 6 h. L'Azote Total Kjeldahl (NTK) a été dosé à l'aide de la procédure classique Kjeldahl, par distillation à

la vapeur selon la norme NF T 90-110 [23]. Le rapport C/N a été calculé à partir de teneurs en carbone organique total (COT) et de l'azote total (Kjeldahl). Les traces d'éléments métalliques ont été analysées par spectrométrie d'émission atomique par plasma à couplage inductif (*en*. Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES)) à l'aide d'un ICP-AES (type PANORAMA), dans un laboratoire privé à Fès (Maroc). Le contenu en détergents a été déterminé selon la méthode de Lahsaini *et al.* [24].

Test de phytotoxicité

L'indice de germination (IG) a été déterminé sur les graines de tomates et de cresson. 100 graines de chaque espèce végétale ont été testées dans 5 mL d'extraits de compost hydrosolubles (10 g de l'échantillon frais dans 100 mL d'eau distillée) pendant 72 h [25]. Trois répétitions ont été faites. La phytotoxicité des composts déterminée par IG a été évaluée comme étant le produit du pourcentage de graines viables. Le IG a été calculé en fonction du nombre de graines germées (24 h), et la croissance des racicules (test 72 h), en utilisant l'équation suivante :

$$IG\% = [(NG_{ext} \times LR_{ext}) / (NG_{eau} \times LR_{eau})] \times 100 \quad (1)$$

où : NG_{ext} , NG_{eau} = nombre de graines germées dans les extraits hydrosolubles et dans l'eau distillée, respectivement ; LR_{ext} , LR_{eau} = longueur des racicules dans les extraits hydrosolubles et dans l'eau distillée, respectivement.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux usées sont présentés dans le Tableau 1. Les eaux usées sont caractérisées par : un pH très acide autour de 1,5, une forte charge polluante représentée par les concentrations élevées de DBO₅, DCO, et MES, soit 2992, 37723, et 4594 mg·L⁻¹ respectivement. Ce sont des eaux très turbides avec une valeur de turbidité de l'ordre de 600 UNT. Le rapport DCO/DBO₅ est de 12,6 ce qui montre que l'effluent est difficilement biodégradable [26].

Les résultats des paramètres physico-chimiques des substrats utilisés pour le compostage sont présentés dans les Tableaux 2 et 3. Les boues sont caractérisés par : un pH acide autour de 5,25 ; une quantité importante de matières organiques de l'ordre de 840,6 mg·kg⁻¹. Ce sont des déchets riches en carbone organique total 30,1 %, et moins riches en azote 0,9 %, ce qui donne un rapport C/N supérieur à 33. Le taux d'humidité qui est de 55,7 %, peut être expliqué par le système de déshydratation adopté par la société (Figure 1).

Après 6 mois de compostage, le produit final est caractérisé par un taux de décomposition de 74 %, un rapport C/N de 12 et un pH neutre (Tableau 4).

Les composts matures ont un pH voisin de la neutralité [18, 27]. Selon plusieurs auteurs [18, 28 – 30], le compost est considéré comme mûr et stable s'il présente un pH neutre, et un rapport C/N entre 10 et 15, ce qui justifie leur utilisation en agriculture. Etant donné que le sol est le milieu récepteur de tout type de boues de stations d'épurations, leur élimination, nécessite la détermination des teneurs en éléments traces métallique,

afin de prévoir leur mobilisation et leur accumulation dans le sol, lors d'une valorisation agricole.

Les résultats de l'évolution des éléments traces métallique (ETM), analysés par ICP pour le mélange de compostage sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4. Caractérisation et évolution des paramètres physico-chimiques du compostage

Paramètres	T ₀	T ₆
pH	5,9 ± 0,5	7,5 ± 0,4
MO [mg·g ⁻¹]	840 ± 0,3	622,6 ± 0,8
C/N	30	12,97
Cd [mg·kg ⁻¹]	0,017	0,025
Pb [mg·kg ⁻¹]	0,203	0,404
Ni [mg·kg ⁻¹]	0,033	0,064
Cu [mg·kg ⁻¹]	0,185	0,380
Cr [mg·kg ⁻¹]	0,297	0,589

MO : Matière Organique ; T₀ : mélange initial ; T₆ : mélange final (après 6 mois de compostage)

Le Cd a augmenté de 0,0017 à 0,025 mg·kg⁻¹, le Pb de 0,203 à 0,404 mg·kg⁻¹, le Ni de 0,033 à 0,064 mg·kg⁻¹, le Cu de 0,185 à 0,380 mg·kg⁻¹ et le Cr augmente de 0,297 à 0,589 mg·kg⁻¹ après 6 mois de traitement. Au cours du compostage l'augmentation des métaux lourds est liée aux changements des propriétés physico-chimiques du compost [31]. Zorpas *et al.* [32] ont montré que le changement des ETM lors du compostage est dû à la formation d'acide acétique ou d'autres acides lors de la décomposition de la matière organique des boues et à la variation de la teneur en ammonium liée à l'action des bactéries protéolytiques. Ramos *et al.* [33] ont montré que le pH est considéré comme l'un des facteurs les plus importants dans le contrôle de l'absorption, la mobilité et la biodisponibilité des éléments métalliques. En revanche, Paré *et al.* [34] ont montré qu'au cours du compostage de biosolides et de déchets municipaux, les formes résiduelles de certains métaux (Zn, Cr, Cu, et Pb) augmentent, alors que celle du Ni reste relativement constante, en reliant ces variations à une augmentation de la concentration de groupements carboxyles COO⁻. Par ailleurs, ces augmentations peuvent être expliquées par la diminution de la solubilité des oligo-éléments [8]. Le produit final obtenu à partir du mélange de boue-paille-déchets verts est mature, stable et loin d'être polluant du fait que les concentrations totales en métaux lourds (Cr, Cu, Pb, Ni, Cd), respectent les valeurs limites de référence dans la norme NF U 44-041 de juillet 1985 [35] pour l'utilisation agricole des boues.

Evolution des détergents

La présence des détergents dans les eaux usées de la station varie de 223,2 jusqu'à 381,6 kg par jour pour les différentes compagnes (Figure 2), du fait que la société utilise les détergents dans leur processus de fabrication.

L'effluent après traitement est caractérisé par des teneurs élevées en détergent entre 169,2 et 275,4 kg par jour, résultats d'une faible élimination de ces polluants, ce qui a été confirmé par le faible rendement de la station d'épuration qui ne dépasse pas 50 % pour toutes les compagnes.

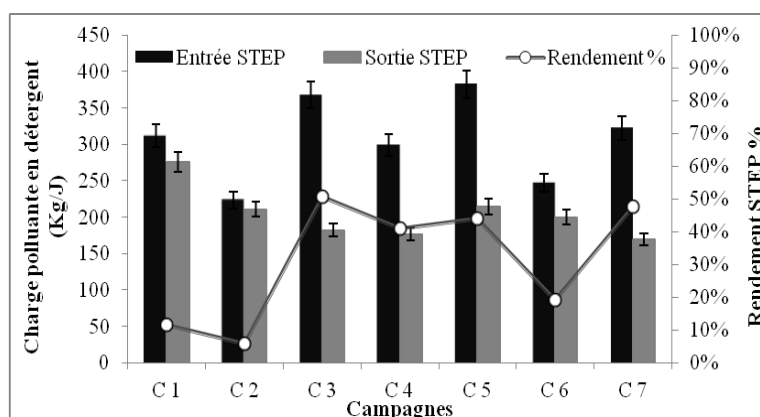


Figure 2. Variation de la charge polluante en détergents et du rendement de la station d'épuration (C_1 : Echantillon 1 ; C_2 : Echantillon 2 ; C_7 : Echantillon 7)

La production quotidienne de boues après traitement des eaux usées de la société Lesieur est de l'ordre de 7 t par jour, la charge polluante de ces boues en détergents de différentes compagnes varie entre 139,31 et 280 kg par jour, avec une moyenne de 209,44 kg par jour (Figure 3).

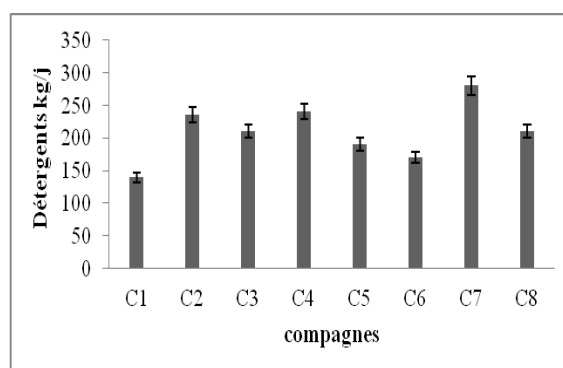


Figure 3. Quantité des détergents dans les boues

Le niveau des détergents dans la boue d'origine été de $29920 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en raison de leur dégradation lente pendant le traitement physico-chimique des eaux usées. Les détergents sont affectés par deux principaux processus au cours du traitement des eaux usées : la dégradation rapide pendant le traitement biologique et la sorption aux matières solides. Bennie [36] a montré qu'ils sont supérieurs à 90 % et la suppression de détergent souvent supérieur à 95 % de la phase aquatique pendant le traitement des eaux usées. De nombreux composés de détergents ont été rapportés pour être facilement biodégradables par des processus aérobies [37]. Cependant certains d'entre eux échappent au procédé de traitement aérobique. Selon Mackay *et al.* [38], l'émission des détergents dans le sol est prédominante en raison de l'application de boues sur les terres agricoles, leur présence dans les boues peut avoir des effets indésirables sur l'environnement puisque les molécules de détergent peuvent atteindre la nappe phréatique et contribuer à la contamination des eaux souterraines.

Les résultats enregistrés dans cette étude ont montré que la biodégradation aérobie au cours du compostage pendant six mois a des conséquences environnementales importantes sur les détergents. Le niveau des détergents dans le mélange initial (T_0) de

compostage est de l'ordre de $6250 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, ce qui représente un taux d'abattement de 79,11 %, résultat de l'effet de dilution par l'ajout de déchets verts et de la paille. Ce phénomène d'abattement du taux des polluants par effet de dilution via les déchets verts a été aussi enregistré par plusieurs auteurs. El Hammadi *et al.* [14] ont montré qu'un mélange constitué de boues d'épuration-déchets verts peut diluer les teneurs en détergents jusqu'à 92 %. Selon El Fels *et al.* [13] le mélange de boues d'épuration avec les déchets de palmier permet un abattement de 70 % des contaminants. En outre, l'aération et le retournement des andains de compostage peuvent faciliter d'avantage la dégradation aérobie des détergents [39]. Le taux d'élimination de détergents après six mois de traitement par compostage (T_6) est de 85,84 % par rapport à T_0 et de 97 % par rapport à la boue fraîche (Figure 4).

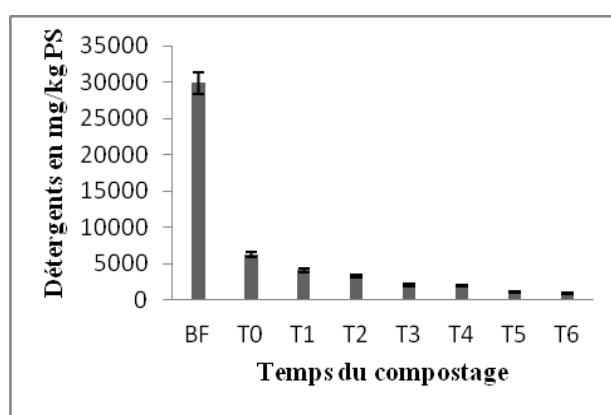


Figure 4. Abattement des détergents au cours du compostage
(T_0 : mélange initial ; T_6 : mélange après 6 mois du compostage)

Ces résultats ont montré que la vitesse de dégradation des détergents dans des conditions aérobies est similaire au travail de El Hammadi *et al.* [14] pendant le compostage. Le processus de compostage des boues d'épuration avec des produits de déchets agricoles comme la paille, la sciure, et les coupures d'arbres est généralement marqué par une dégradation de certains composés notamment les détergents [39]. Des résultats similaires ont été présentés par Solbé [40] indiquant une dégradation quantitative après compostage. Prats *et al.* [41] ont rapporté une élimination de détergents de près de 100 % après 72 jours de compostage des boues digérées en anaérobie.

Evolution de l'indice de germination

Les extraits hydrosolubles du mélange initial (T_0) du compost montrent un indice de germination (IG) très faible (Figure 5), inférieur à 4 %, pour les espèces utilisées à savoir la tomate et le Cresson, ce qui montre leur sensibilité la plus élevée. Ceci peut être lié à l'effet inhibiteur des acides organiques, des détergents et de la valeur du pH [42]. La chaîne courte des acides, des phénols et des détergents ont aussi un puissant effet inhibiteur sur la germination des graines [43]. Ribeiro *et al.* [44] ont montré que l'effet négatif du compost sur la germination des semences dépend de la sensibilité des espèces végétales. Vavrina *et al.* [45] ont montré que l'augmentation de la concentration

en détergent a entraîné une diminution de la biomasse végétale et une diminution des rendements de fruits.

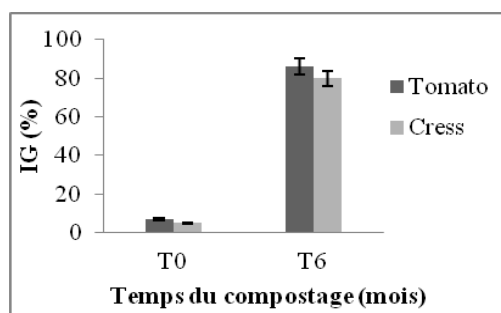


Figure 5. Evolution de l'indice de germination pendant le compostage (T_0 : mélange initial et T_6 : mélange après 6 mois)

Les valeurs élevées de l'indice de germination qui dépassent 80 % pour la tomate et le cresson peuvent généralement être expliqués par une grande réduction des substances phytotoxiques tels que les détergents.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude démontrent que le rendement de la station d'épuration dans l'élimination des détergents ne dépasse pas 50 % pour les différentes compagnes. Les niveaux résiduels de détergents dans les boues d'épuration, issus du raffinage des huiles végétales peuvent être efficacement réduits par compostage. Un taux d'abattement de 85,84 % par rapport au mélange initial et de 97 % par rapport à la boue fraîche a été enregistré après 6 mois de traitement. Le niveau faible des détergents enregistré ne pose aucun risque pour les sols lors d'une valorisation agricole, justifié par le taux élevé de l'indice de germination qui dépasse 80 %. Cette recherche fournit une alternative de traitement qui permet de réduire efficacement les niveaux des détergents dans les boues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Levi-Minzi, R., Saviozzi, A., Riffaldi, R., Falzo, L.: Distribución del alpechín en tierras de cultivo: efectos en las propiedades del suelo, *Olivae: revista oficial del Consejo Oleícola Internacional*, **1992**, (40), 20-25;
2. Sayadi, S., Allouche, N., Jaoua, M., Aloui, F.: Detrimental effects of high molecular-mass polyphenols on olive mill wastewater biotreatment, *Process Biochemistry*, **2000**, 35 (7), 725-735;
3. Kowalska, I., Kabsch-Korbutowicz, M., Majewska-Nowak, K., Pietraszek, M.: Removal of detergents from industrial wastewater in ultrafiltration process, *Environment Protection Engineering*, **2005**, 31 (3-4), 207-219;
4. Mahvi, A.H., Maleki, A., Roshani, B.: Removal of anionic surfactants in detergent wastewater by chemical coagulation, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **2004**, 7 (12), 2222-2226;
5. Papadopoulos, A., Savvides, C., Loizidis, M., Haralambous, K.J., Loizidou, M.: An assessment of the quality and treatment of detergent wastewater, *Water Sciences and Technology*, **1997**, 36 (2-3), 377-381;
6. Aboulhassan, M.A., Souabi, S., Yaacoubi, A., Baudu M.: Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process, *International Journal of Environmental Science and Technology*, **2006**, 3 (4), 327-332;

7. Dhoubi, A., Hamad, N., Hassaïri, I. Sayadi, S.: Degradation of anionic surfactants by *Citrobacter braakii*, *Process Biochemistry*, **2003**, 38 (8), 1245-1250;
8. Autret, E., Berthier, F., Luszezanec, A., Nicolas, F.: Incineration of municipal and assimilated wastes in France: Assessment of latest energy and materiel recovery performances, *Journal Hazardous Materials*, **2007**, 139 (3), 569-574;
9. Amir, S., Hafidi, M., Lemee, L., Bailly, J.R., Merlina, G., Kaemmerer, M., Revel, J.C., Ambles, A.: Structural characterization of fulvic acids, extracted from sewage sludge during composting, by thermochemolysis–gas chromatography–mass spectrometry, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **2006**, 77 (2), 149-158;
10. Bengtsson, M., Tillman, A.-M.: Actors and interpretations in an environmental controversy: the Swedish debate on sewage sludge use in agriculture, *Resources, Conservation and Recycling*, **2004**, 42 (1), 65-82;
11. Bertran, E., Sort, X., Soliva, M., Trillas, I.: Composting winery waste: sludges and grape stalks, *Bioresource Technology*, **2004**, 95 (2), 203-208;
12. Lambkin, D., Nortcliff, S., White, T.: The importance of precision in sampling sludges, biowastes and treated soils in a regulatory framework, *Trends in Analytical Chemistry*, **2004**, 23 (10-11), 704-715;
13. El Fels, L., Hafidi, M., Silvestre, J., Kallerhoff, J., Merlina, G., Pinelli, E.: Efficiency of co-composting process to remove genotoxicity from sewage sludge contaminated with hexavalent chromium, *Ecological Engineering*, **2015**, 82, 355-360;
14. El Hammadi, M.A., Trabelsi, M., Hanchi, B.: Composition of detergent and chloride in Tunisian textile sludge and produced composts as a function of sludge ratio, *Research Journal of Environmental Sciences*, **2007**, 1 (6), 317-323;
15. Harrison, E.Z., Oakes, S.R., Hysell, M., Hay, A.: Organic chemicals in sewage sludges, *Science of The Total Environment*, **2006**, 367 (2-3), 481-497;
16. Lauridsen, P.V., Røpke, I.: Experience with chemicals regulation - Lessons from the Danish LAS case, *Journal for Transdisciplinary Environmental Studies*, **2005**, 4 (3), 18 pp., http://journals.dtu.dk/vol_4_no_3/no3_hoj.pdf;
17. Hall, J.E., L'Hermite, P., Newman, P.J.: *Treatment and use of sewage sludge and liquid agricultural wastes, Review of COST 68/681 programme, 1972-90 (EUR -14330)*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, **1992**, 230 pp.;
18. El Fels, L., Zamama, M., El Asli, A., Hafidi, M.: Assessment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocellulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests, *International Biodeterioration and Biodegradation*, **2014**, 87, 128-137;
19. ***AFNOR (Association Française de Normalisation): *NF T 90-105-2 (Qualité de l'eau : Dosage des matières en suspension - Méthode par centrifugation)*, **1997**;
20. ***AFNOR (Association Française de Normalisation): *NF EN ISO 7027 (Qualité de l'eau - Détermination de la turbidité)*, **2000**;
21. ***AFNOR (Association Française de Normalisation): *Qualité de l'eau - Tome 2 : Analyses organoleptiques - mesures physico-chimiques - paramètres globaux - composés organiques*, 6e édition, AFNOR, Paris, **2001**;
22. ***AFNOR (Association Française de Normalisation): *Norme NF EN 13040 (Amendements du sol et support de culture - Préparation des échantillons pour les essais physiques et chimiques, détermination de la teneur en matière sèche, du taux d'humidité et de la masse volumique compactée en laboratoire)*, **2000**;
23. ***AFNOR (Association Française de Normalisation): *Norme NF T 90-110 (Essai des eaux : dosage de l'azote total Kjeldahl : Méthode de dosage par titrimétrie après minéralisation et distillation)*, **1981**;
24. Lahsaini, S., Chatoui, M., Aguelmous, A., El Fels, L., Idrissi, L., Souabi, S., Zamama, M., Hafidi, M.: Monitoring of organic pollution and maturity of organic matter from sludge landfilling, *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, **2016**, 17 (2), 139-149;
25. Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., de Bertoldi, M.: Evaluating toxicity of immature compost, *BioCycle*, **1981**, 22 (4), 54-57;

26. Al-Momani, F., Touraud, E., Degorce-Dumas, J.R., Roussy, J., Thomas, O.: Biodegradability enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **2002**, 153 (1-3), 191-197;
27. Avnimelech, Y., Bruner, M., Ezrony, I., Sela, R., Kochba, M.: Stability indexes for municipal solid waste compost, *Compost Science and Utilization*, **1996**, 4 (2), 13-20;
28. Chefetz, B., Hatcher, P.G., Hadar, Y., Chen, Y.: Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste, *Journal of Environmental Quality*, **1996**, 25 (4), 776-785;
29. Bernal, M.P., Navarro, A.F., Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Cegarra, J.: Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil, *Soil Biology and Biochemistry*, **1998**, 30 (3), 305-313;
30. Namkoong, W., Hwang, E.-Y., Cheong, J.-G., Choi, J.-Y.: A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting, *Compost Science & Utilization*, **1999**, 7 (2), 55-62;
31. Petruzzelli, G.: Recycling wastes in agriculture: heavy metal bioavailability, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **1989**, 27 (1-4), 493-503;
32. Zorpas, A.A., Constantinides, T., Vlyssides, A.G., Haralambous, I., Loizidou, M.: Heavy metal uptake by natural zeolite and metal partitioning in sewage sludge compost, *Bioresource Technology*, **2000**, 72 (2), 113-119;
33. Ramos, L., Hernandez, L.M., Gonzalez, M.J.: Sequential fractionation of copper, lead, cadmium and zinc in soils from or near Doñana National Park, *Journal of Environmental Quality*, **1994**, 23 (1), 50-57;
34. Paré, T., Dinel, H., Schnitzer, M.: Extractability of trace metals during co-composting of biosolids and municipal solid wastes, *Biology and Fertility of Soils*, **1999**, 29 (1), 31-37;
35. ***AFNOR (Association Française de Normalisation): *Norme NF U 44-041 (Matières fertilisantes – Boues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines – Dénominations et spécifications)*, **1985**;
36. Bennie, D.T.: Review of the environmental occurrence of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates, *Water Quality Research Journal of Canada*, **1999**, 34 (1), 79-122;
37. McAvoy, D.C., Dyer, S.D., Fendinger, N.J., Eckhoff, W.S., Lawrence, D.L., Begley, W.M.: Removal of alcohol ethoxylates, alkyl ethoxylate sulfates, and linear alkylbenzene sulfonates in wastewater treatment, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **1998**, 17 (9), 1705-1711;
38. Mackay, D., Di Guardo, A., Paterson, S., Kicsi, G., Cowan, C.E., Kane, D.M.: Assessment of chemical fate in the environment using evaluative, regional and local-scale models: Illustrative application to chlorobenzene and linear alkylbenzene sulfonates, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **1996**, 15 (9), 1638-1648;
39. La Guardia, M.J., Hale, R.C., Harvey, E., Mainor, T.M.: Alkylphenol ethoxylate degradation products in land-applied sewage sludge (biosolids), *Environmental Science & Technology*, **2001**, 35 (24), 4798-4804;
40. Solbé, J.: Vipers, humic acids and hurricanes: Some thoughts on environmental risk assessment in Europe, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, **1999**, 5 (1), 1-5;
41. Prats, D., Rodriguez, M., Muela, M.A., Llamas, J.M., Moreno, A., De Ferrer, J., Berna, J.L.: Elimination of xenobiotics during composting - A case study: LAS (Linear Alkylbenzene Sulfonate), *Tenside, Surfactants, Detergents*, **1999**, 36 (5), 294-298;
42. Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M.A., Gianfreda, L.: Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil, *Soil Biology and Biochemistry*, **2006**, 38 (3), 600-610;
43. Hachicha, S., Cegarra, J., Sellami, F., Hachicha, R., Drira, N., Medhioub, K., Ammar, E.: Elimination of polyphenols toxicity from olive mill wastewater sludge by its co-composting with sesame bark, *Journal of Hazardous Materials*, **2009**, 161 (2-3), 1131-1139;
44. Ribeiro, H.M., Romero, A.M., Pereira, H., Borges, P., Cabral, F., Vasconcelos, E.: Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production, *Bioresource Technology*, **2007**, 98 (17), 3294-3297;
45. Vavrina, C.S., Stansly, P.A., Liu, T.X.: Household detergent on tomato: Phytotoxicity and toxicity to silverleaf whitefly, *HortScience*, **1995**, 30 (7), 1406-1409.