



## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :  
**MA 40053 B1**

(51) Cl. internationale :  
**B09B 3/00; C05F 7/00;  
C05F 17/00; C02F 11/12**

(43) Date de publication :  
**29.03.2019**

---

(21) N° Dépôt :  
**40053**

(22) Date de Dépôt :  
**09.02.2017**

(71) Demandeur(s) :  
**UNIVERSITE CADI AYYAD, Av Abdelkrim Elkhatabi, Guéliz 40000, B.P. 511 - 40000  
MARRAKECH (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**HAFIDI MOHAMED ; AMINE EZZARIAI ; ERIC PINELLI ; GEORGES MERLINA**

(74) Mandataire :  
**BLAÏD BOUGADIR**

---

(54) Titre : **OPTIMISATION DU CO-COMPOSTAGE DES BOUES RESIDUAIRES DE STATIONS D'EPURATION AVEC UN POLYMERE LIGNO-CELLULOSIQUE ISSU DE PALMIER DATTIER (PHOENIX) EN CONDITIONS CONTROLEES DANS UN BIOREACTEUR**

(57) Abrégé : Ce projet d'invention consiste à proposer un mélange original à co-composter pour le traitement des boues de stations d'épuration en bioréacteur en vue d'assurer des conditions de stabilisation optimales nécessaires puis conduire la phase de maturation en sacs perforés afin d'obtenir un compost mature d'une valeur agronomique importante. Après une caractérisation des substrats pour le co-compostage, des essais d'optimisation ont été réalisés afin de sélectionner la composition des substrats à utiliser et de standardiser les paramètres de fonctionnement du bioréacteur. L'effet de ce mélange original sur la libération de chaleur et la dégradation de la matière organique a été tout particulièrement analysé. Les essais de validation ont été réalisés. Ils ont permis de montrer qu'en 3 mois et demi, le compostage de boues de station d'épuration avec des sous-produits non consommables de palmier (rachis et feuilles), la stabilisation et l'hygiénisation des produits finaux étaient conformes aux normes de compostage. Cette technologie écologique apporte une solution socio-économique rentable pour l'élimination de ces déchets en un produit à haute valeur ajoutée. 10

### **Abrégé du contenu technique de l'invention**

Ce projet d'invention consiste à proposer un mélange original à co-composter pour le traitement des boues de stations d'épuration en bioréacteur en vue d'assurer des conditions de stabilisation optimales nécessaires puis conduire la phase de maturation en sacs perforés afin d'obtenir un compost mature d'une valeur agronomique importante. Après une caractérisation des substrats pour le co-compostage, des essais d'optimisation ont été réalisés afin de sélectionner la composition des substrats à utiliser et de standardiser les paramètres de fonctionnement du bioréacteur. L'effet de ce mélange original sur la libération de chaleur et la dégradation de la matière organique a été tout particulièrement analysé.

Les essais de validation ont été réalisés. Ils ont permis de montrer qu'en 3 mois et demi, leco-compostage de boues de station d'épuration avec des sous-produits non consommables de palmier (rachis et feuilles), la stabilisation et l'hygiénisation des produits finaux étaient conformes aux normes de compostage. Cette technologie écologique apporte une solution socio-économique rentable pour l'élimination de ces déchets en un produit à haute valeur ajoutée.

**Optimisation du co-compostage de boues résiduaire de stations d'épuration avec un polymère ligno-cellulosique issu de palmier dattier (*Phoenix*) en conditions contrôlées dans un bioréacteur**

**Description**

**Domaine technique**

La présente invention concerne l'utilisation d'un mélange à co-composter en bioréacteur composé par : des rachis de palmier dattier (*Phoenix*), des feuilles de palmier dattier (*Phoenix*) broyées séparément, du gazon (*Cynodondactylon*) et des boues de station d'épuration. Le bioréacteur utilisé et décrit par Viel et al. (1987) est constitué d'une cuve cylindrique en acier inoxydable calorifugé, asservie à une alimentation continue en air à débit connu, brassé régulièrement avec un suivi de la température du mélange tout au long du processus du co-compostage.

Les conditions et les substrats de co-compostage permettent d'avoir une dégradation importante de la matière organique initiale et une stabilisation du mélange final. Le compost obtenu pourra être utilisé comme fertilisant organique à forte valeur agronomique, favorable à la structuration du sol et l'amélioration de sa qualité.

**Bibliographie de la technique**

L'élimination des boues par les stations d'épuration des eaux usées est un problème environnemental majeur. Au Maroc, les quantités des boues d'épuration produites étaient estimées à 40 000 T/an en 2010, et devraient atteindre les 300 000 T/an à l'horizon 2025. Par exemple la STEP boue activée de Marrakech au Maroc, rejette actuellement 140 m<sup>3</sup>/j. Par conséquent, ces boues sont directement évacuées vers la décharge publique sans aucun traitement préalable.

Les palmeraies marocaines s'étendent au long des oueds Draa et Ziz sur une superficie de l'ordre de 44000 ha. Elles sont caractérisées par une diversité génétique importante, 223 variétés et plus que 2 millions d'hybrides. Le rendement moyen est de 20kg/pied de dattes, ce dernier varie selon les changements climatiques. A ceci s'ajoute d'autres palmeraies périurbaines (Exemple Marrakech avec une palmeraie de 7700 ha). Ces palmeraies génèrent des quantités importantes de déchets de palmier (rachis et feuilles). Par exemple les palmeraies de Marrakech génèrent une quantité importante de déchets verts issues des palmeraies de la ville et qui selon les services environnementaux de la Commune Urbaine de Marrakech, sont estimés à 3500- 5250 tonnes de déchets verts/an (El Fels, 2014). Selon ce même auteur, à cette quantité s'ajoute le nombre de palmiers morts qui est de l'ordre de 2 à 4 palmiers/Ha /an, pour une palmeraie de 7700 ha, d'où une quantité totale des déchets verts qui s'élève à 8000t/an.

Il existe beaucoup de brevets qui présentent des méthodes de traitement et de décontamination des boues de stations d'épuration (*US 4781842 A* ; *US 3915853 A* ; *US 3960718 A* ; *US 4541986 A*). La consommation énergétique requise par ces méthodes est très importante, les coûts de réalisation et d'exploitation sont donc très élevés. Le co-compostage de boues ne présente pas seulement une option peu coûteuse, mais il s'agit d'une technologie de conversion de la matière organique à un fertilisant stable, hygiénique et riche en substances humiques. Beaucoup de travaux de co-compostage de boues ont été réalisés. Par ailleurs, le compostage de boues seules ne peut pas se faire en raison de plusieurs paramètres à savoir : l'aspect pâteux de la boue, la nécessité d'accroître le ratio C/N, assurer une bonne aération et maintenir la structure du mélange au cours du compostage. Pour cet effet, le co-compostage de boues avec plusieurs substrats structurants est une solution prépondérante. Cependant, plusieurs articles de recherche ont utilisé différents substrats de co-compostage de boues à savoir les grignons, les déchets d'olives, mélange de déchets verts, sciure et/ou copeaux de bois, paille, déchets de citron et déchets d'orges (Amir, 2005 ; Wong et al., 2006 ; Jouraiphy, 2007 ; Abou El Wafa, 2008 ; Lu et al., 2008 ; Fernández et al., 2010 ; Villaseñor et al., 2011 ; Rodríguez et al., 2012 ; Hachicha et al., 2012 ; Li et al., 2013 ; Nikaeen et al., 2015).

Sur la base de plusieurs résultats d'inventions et d'articles, notre invention se fonde sur l'amélioration des conditions de co-compostage de boues de stations d'épuration. L'invention du brevet *EP 1316534 B1* nécessite une filtration mécanique préalable des boues. Par contre, la présente invention ne nécessite pas une filtration préalable au co-compostage, et repose sur l'amélioration de la granulométrie en utilisant les feuilles de palmier, et les rachis de palmier broyés.

Le maintien de la température durant le co-compostage est l'une des techniques utilisées pour garder une température bien déterminée durant le processus de digestion thermophile. Dans le brevet *WO 1995015933 A1* ainsi que dans d'autres travaux (Fernández et al., 2010 ; Nikan et al., 2015), malgré le maintien de la température, cette dernière ne dépasse pas 65°C. En revanche notre invention permet d'avoir des températures supérieures à 65°C (pouvant atteindre 73°C). La température dans un de nos essais est restée supérieure à 50°C pendant 5 jours sans utilisation d'un appareil de thermorégulation. Aux vues des températures enregistrées dans notre invention, les conditions de stabilisation et d'hygiénisation sont favorables pour abattre les germes pathogènes inhérents à la boue sans procéder à une quelconque intervention durant les phases de co-compostage comme décrit dans le brevet *WO 2005 051868 A1*.

Beaucoup de travaux, au laboratoire Ecologie et Environnement (Université Cadi Ayyad Marrakech-Maroc), ont utilisé des déchets de palmier comme substrat de co-compostage (El Fels, 2014 ; Khadra, 2015 ; El Ouaquoudi, 2015). Malgré tout, quelque soient les travaux réalisés à l'échelle nationale ou internationale, il n'a jamais été utilisé une formulation composée de " Boues - Rachis de palmier - Feuilles de palmier – Gazon " comme substrats de co-compostage en bioréacteur. Ce qui est une nouveauté à l'échelle nationale et internationale.

## **Principe de l'invention**

Pour optimiser le fonctionnement du bioréacteur et choisir le mélange adéquat à co-composter, plusieurs essais de co-compostage «Essais d'Optimisation» ont été réalisés dans cette invention en utilisant les mélanges suivants : 1/Boue-Gazon ; 2/Boue-Feuilles de palmier broyées ; 3/Boue-Rachis de palmier ; 4/Boue-Gazon-Rachis de palmier ; 5/Boue-Gazon-Rachis de palmier- Feuilles de palmier broyées.

Les 4 premiers essais ont montré une difficulté vis-à-vis de la montée en température qui ne dépasse pas 50°C même dans la phase thermophile. Ce qui ne répond pas aux critères de compostabilité. Malgré cela, ces 4 essais ont donné plusieurs informations très utiles vis-à-vis du rôle de chaque substrat au cours du processus de co-compostage. Il s'est avéré que la taille et la biodisponibilité des substrats sont des éléments très importants pour le processus de co-compostage.

Après avoir choisi le mélange à co-composter, nous avons essayé de valider l'effet de ce mélange sur le co-compostage nous avons plus particulièrement étudié, le rôle des rachis et des feuilles de palmier broyées sur le processus de compostage en faisant varier la quantité des substrats et de boues. Ainsi, 5 autres essais de co-compostage «Essais de Validation» ont été conduits.

## **Mise en œuvre de l'invention**

### Bioréacteur

Les essais de co-compostage ont été conduits dans un bioréacteur (figure.1) avec aération forcée. Le bioréacteur de co-compostage, d'une capacité de 100L, a été conçu en tenant compte des critères favorisant l'élévation de la température (forme, volume, isolation...). Le bioréacteur est constitué d'une cuve cylindrique en acier inoxydable, calorifugée par 8 cm de polyuréthane expansé. La cuve a été fixée sur un support pivotant afin de simplifier les manœuvres de chargement et déchargement des matériaux. Un couvercle circulaire étanche assure la fermeture de l'enceinte et un orifice de prélèvement des échantillons est prévu sur la paroi de la cuve.

L'air frais, provenant d'un compresseur, est injecté à l'intérieur du bioréacteur avec un débit constant (5-15 l/h/kg MS) sous contrôle d'un rotamètre, le brassage du compost est effectué par un système de brassage programmé, la température du compost est mesurée au niveau de trois points à l'intérieur du bioréacteur, le gaz éventuellement produit est piégé par une solution d'acide sulfurique concentrée, l'eau de digestion aérobie est récupérée en haut du bioréacteur et un filtre biologique est utilisé pour piéger les odeurs.

### Substrats de co-compostage

Les rachis de palmier et le gazon ont été coupés, les feuilles de palmier sont broyées séparément. Les boues (primaire et secondaire) utilisées sont issues de la station d'épuration de Marrakech fonctionnant en mode boue activée (figure.2).

Le tableau 1 présente les caractéristiques physico-chimiques des substrats utilisés durant les essais de co-compostage.

Tableau 1 : les caractéristiques physico-chimiques des substrats utilisés durant les essais de co-compostage.

|                             | Boue primaire | Boue secondaire | Palmier    | Chiendent  |
|-----------------------------|---------------|-----------------|------------|------------|
| <b>pH</b>                   | 7.13±0.02     | 7.11±0.02       | 6.15±0.05  | 6.5±0.02   |
| <b>Humidité (%)*</b>        | 66.77±3.87    | 56.22±1.26      | 6.00±0.00  | 67.87±5.59 |
| <b>Taux de cendre (%)**</b> | 45.47±0.38    | 42.90±0.46      | 11.07±0.06 | 18.40±0.36 |
| <b>COT (%)**</b>            | 34.51±0.24    | 36.14±0.29      | 56.29±0.04 | 51.65±0.23 |
| <b>NTK (%)**</b>            | 3.75±0.09     | 3.93±0.11       | 1.16±0.07  | 2.14±0.02  |
| <b>C/N</b>                  | 9             | 9               | 49         | 24         |

*COT : Carbone Organique Total ; NTK : Azote Total Kjeldahl ; \* : Résultat exprimé en pourcentage de matière fraîche ; \*\* : Résultat exprimé en pourcentage de matière sèche*

#### Essai de co-compostage

Cinq essais de co-compostage (E1-E5) ont été conduits en bioréacteur. Le tableau 2 présente les quantités, en termes de pourcentage pondérale, utilisées dans chaque essai de co-compostage. Les essais ont été conduits en contrôlant l'humidité du départ (50 à 60%) pour le bon déroulement des essais de co-compostage.

Tableau 2 : Les ratios des mélanges à co-composter (% pondérale)

| Essais de co-compostage | Quantité Boue I (%) | Quantité Boue II (%) | Quantité rachis de palmier (%) | Quantité feuilles broyées de palmier (%) | Quantité du Gazon (%) |
|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|--|-----------------------|
| <b>E1</b>               | 40                  |                      | 34                             | 15                                       | 11                    |
| <b>E2</b>               |                     | 40                   | 34                             | 15                                       | 11                    |
| <b>E3</b>               | 50                  |                      | 32                             | 11                                       | 7                     |
| <b>E4</b>               | 66                  |                      | 21                             | 11                                       | 2                     |
| <b>E5</b>               |                     | 66                   | 21                             | 11                                       | 2                     |

Les prélèvements ont été effectués à T<sub>0</sub> (avant co-compostage), T<sub>2</sub> (à 2 jours de co-compostage), T<sub>12</sub> (après 12 jours de co-compostage), T<sub>30</sub> (à 1 mois de maturation) et à T<sub>90</sub> (à 3 mois de maturation). Pour chaque stade, un échantillon homogène est pris en utilisant la méthode de quartage, puis congelé à -20°C avant les analyses physico-chimiques réalisées en triple. Les paramètres étudiés sont : le pH mesuré sur une suspension échantillon-eau (1/2 ; v/v) ; l'humidité par séchage du compost à 105°C pendant 48h (AFNOR, 2000). Le carbone organique total et le taux de cendres sont déterminés après calcination dans un four à moufle à 600°C pendant 6h. L'azote total est déterminé selon la méthode Kjeldahl. L'ammonium a été dosé par distillation en milieu alcalin.

Le taux de décomposition (TD) est calculé selon la formule suivante (Paredes et al., 1996) :

$$TD (\%) = 100 - 100 \frac{[TCi(100 - TCf)]}{[TCf(100 - TCi)]}$$

Le tableau 3 présente les caractéristiques physico-chimiques des mélanges utilisés (E1-E5) avant co-compostage.

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques des mélanges à co-composter

|   | E1         | E2         | E3         | E4         | E5         |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>pH</b>                               | 5.42±0.12  | 6.23±0.01  | 6.07±0.01  | 5.93±0.05  | 5.74±0.02  |
| <b>Humidité (%)*</b>                    | 55.89±1.02 | 55.11±0.70 | 59.44±0.84 | 56.11±2.01 | 56.78±2.55 |
| <b>Taux de cendre (%)**</b>             | 21.33±0.67 | 28.70±0.50 | 28.80±0.26 | 29.37±0.06 | 26.60±0.10 |
| <b>COT (%)**</b>                        | 49.79±0.42 | 45.13±0.32 | 45.06±0.17 | 44.70±0.04 | 46.46±0.06 |
| <b>NTK (%)**</b>                        | 2.64±0.08  | 2.64±0.13  | 2.95±0.05  | 3.86±0.15  | 3.70±0.08  |
| <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (%)**</b> | 0.19±0.02  | 0.16±0.04  | 0.26±0.04  | 0.34±0     | 0.32±0.03  |
| <b>C/N</b>                              | 19         | 17         | 15         | 12         | 13         |

COT : Carbone Organique Total ; NTK : Azote Total Kjeldahl ; \* : Résultat exprimé en pourcentage de matière fraîche ; \*\* : Résultat exprimé en pourcentage de matière sèche

### Evolution des paramètres physico-chimique au cours des essais de co-compostage

Le tableau 4 présente la variation des paramètres physico-chimiques durant les essais de co-compostage

#### 1. La température

Les courbes de la température montrent qu'il y a un développement typique du processus de co-compostage durant la phase thermophile (figure.3). On note une température maximale de 71, 68, 64, 72.5 et 71°C respectivement pour les essais E1, E2, E3, E4 et E5. La température est restée supérieure à 50°C pour une durée de 4.7, 3.3, 3.1, 2.6 et 2 jours respectivement pour les essais E1, E2, E3, E4 et E5. Ces résultats montrent que l'ensemble des essais sont passés par une période de stabilisation dont l'importance varie d'un mélange à autre. La période de stabilisation est importante et montre qu'il y a un effet des différents assemblages des substrats de co-compostage (rachis, feuilles de palmier, gazon) sur la libération de la chaleur et la période de stabilisation.

#### 2. Taux de dégradation, C/N et Azote total Kjeldahl

Après trois mois de co-compostage, le taux de décomposition (tableau 4) atteint des valeurs importantes de 45.4, 38.4, 38.6, 41.1 et 36.0%, respectivement pour E1, E2, E3, E4 et E5. Ceci explique la réduction très importante de la matière organique dans les cinq batch de compostage et l'efficacité du système de traitement des boues utilisées.

L'évolution du rapport C/N au cours du co-compostage met en évidence une diminution du rapport au cours du temps (tableau 4). Il passe de 19, 17, 15, 12 et 13 à 14, 12, 13, 9 et 10

respectivement pour les mélanges E1, E2, E3, E4 et E5. Ce qui nous renseigne sur la qualité du compost.

Vers la fin du co-compostage, la teneur en NTK atteint une valeur de 3.06, 3.16, 2.99, 4 et 3,9 % respectivement pour E1, E2, E3, E4 et E5. Cependant, il est important de souligner que le compost produit est caractérisé par une valeur nutritionnelle importante.

Tableau 4 : Caractérisation chimique au cours du co-compostage

|    |     | Taux de dégradation (%) | C/N | NTK (%)   |
|----|-----|-------------------------|-----|-----------|
| E1 | T0  |                         | 19  | 2.64±0.08 |
|    | T12 | 16.43                   | 19  | 2.49±0.16 |
|    | T1  | 29.57                   | 17  | 2.66±0.06 |
|    | T3  | 45.44                   | 14  | 3.06±0.02 |
| E2 | T0  |                         | 17  | 2.64±0.13 |
|    | T12 | 14.33                   | 18  | 2.35±0.11 |
|    | T1  | 30.87                   | 14  | 2.84±0.10 |
|    | T3  | 38.43                   | 12  | 3.16±0.08 |
| E3 | T0  |                         | 15  | 2.95±0.05 |
|    | T12 | 19.58                   | 16  | 2.62±0.10 |
|    | T1  | 28.3                    | 13  | 3.11±0.04 |
|    | T3  | 38.56                   | 13  | 2.99±0.11 |
| E4 | T0  |                         | 12  | 3.86±0.15 |
|    | T12 | 20.36                   | 15  | 3.07±0.19 |
|    | T1  | 26.3                    | 10  | 3.88±0.09 |
|    | T3  | 41.07                   | 9   | 4±0.05    |
| E5 | T0  |                         | 13  | 3.70±0.08 |
|    | T12 | 23.23                   | 13  | 3.23±0.06 |
|    | T1  | 33.19                   | 11  | 3.77±0.16 |
|    | T3  | 36.50                   | 10  | 3.9±0.11  |

### Liste des références

#### Brevets

Jean-Louis Chemin, Cécile Payet, Jean-Christophe Renat. Procédé de compostage d'une boue liquide comportant une filtration séquentielle sur substrat carboné et installation de mise en œuvre de ce procédé .**EP 1316534 B1**. 22 Mars 2006.

John P. Nicholson. Method of treating wastewater sludge.**US 4781842 A**. 1 Novembre 1988.

Heinrich Schwab, Werner Kaschke. Process for deodorizing sludge.**US 4541986 A**. 17 Septembre 1985.

László PÁKOZDI, Gyözö SZOLNOKY, Tamás SZOLNOKY, János SZOLNOKI, Bálint KUN, Moins. Procédé de compostage de boues d'eaux résiduaire municipales. **WO 2005 051868 A1**. 9 juin 2005.



Luck Egon. Sewage treatment. **US 3915853 A**. 28 Octobre 1975.

VagnBislev, Per Thostrup. Installation de compostage de déchets organiques et procédés de compostage associés. **WO 1995015933 A1**. 15 juin 1995.

Willis R. Lebo. Method and apparatus for treating liquid sewage and waste. **US 3960718 A**. 1 juin 1976.

### Articles bibliographiques

AFNOR, 2000. 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. Association Française de Normalisation. NF EN 13040.

F.J. Fernández, V. Sánchez-Arias, L. Rodríguez, J. Villaseñor, Feasibility of composting combinations of sewage sludge, olive mill waste and winery waste in a rotary drum reactor., *Waste Manag.* 30 (2010) 1948–56. doi:10.1016/j.wasman.2010.04.007.

J. Villaseñor, L. Rodríguez, F.J. Fernández, Composting domestic sewage sludge with natural zeolites in a rotary drum reactor, *Bioresour. Technol.* 102 (2011) 1447–1454. doi:10.1016/j.biortech.2010.09.085.

J.W.C. Wong, a. Selvam, Speciation of heavy metals during co-composting of sewage sludge with lime, *Chemosphere.* 63 (2006) 980–986. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.08.045.

L.-A. Lu, M. Kumar, J.-C. Tsai, J.-G. Lin, High-rate composting of barley dregs with sewage sludge in a pilot scale bioreactor, *Bioresour. Technol.* 99 (2008) 2210–2217. doi:10.1016/j.biortech.2007.05.030.

L. Rodríguez, M.I. Cerrillo, V. García-Albiach, J. Villaseñor, Domestic sewage sludge composting in a rotary drum reactor: optimizing the thermophilic stage., *J. Environ. Manage.* 112 (2012) 284–291. doi:10.1016/j.jenvman.2012.08.005.

M. Viel, D. Sayag, A. Peyre, L. André, Optimization of In-vessel Co-composting through heat recovery, *Biol. Wastes.* 20 (1987) 167–185. doi:10.1016/0269-7483(87)90152-2.

M. Nikaeen, A.H. Nafez, B. Bina, B.F. Nabavi, A. Hassanzadeh, Respiration and enzymatic activities as indicators of stabilization of sewage sludge composting, *Waste Manag.* 39 (2015) 104–110. doi:10.1016/j.wasman.2015.01.028.

R. Hachicha, O. Rekik, S. Hachicha, M. Ferchichi, S. Woodward, N. Moncef, J. Cegarra, T. Mechichi, Co-composting of spent coffee ground with olive mill wastewater sludge and poultry manure and effect of *Trametes versicolor* inoculation on the compost maturity, *Chemosphere.* 88 (2012) 677–682. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.03.053.

Y. Li, W. Li, B. Liu, K. Wang, C. Su, C. Wu, Ammonia emissions and biodegradation of organic carbon during sewage sludge composting with different extra carbon sources, *Int. Biodeterior. Biodegradation.* 85 (2013) 624–630. doi:10.1016/j.ibiod.2013.04.013.

### Thèses

ABOUELWAFRA Raja. « Biodégradation aérobie des boues de station d'épuration des rejets issus du raffinage des huiles brutes et des ordures ménagères ». Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Environnement. Université Cadi Ayyad de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia. 2008. 162 p.

AMIR Soumia. «Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost». Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Environnement. Université Cadi Ayyad de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia. 2005. 343 p.

EL FELS Loubna. «Suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologie du compostage de boues de Step mélangées à des déchets de palmier : Validation de nouveaux indices de maturité». Thèse de Doctorat en Hydrologie, Hydrochimie, Sols et Environnement. Université Cadi Ayyad de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia. 2014. 295 p.

EL OUAQUOUDI Fatima zahrae. «Contribution à la valorisation des déchets de palmier dattier par compostage : Approche physico-chimique, analyse lipidique, caractérisation spectroscopique et thermique des acides humiques et valeur agronomique des composts.». Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Environnement. Université Cadi Ayyad de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia. 2015. 196 p.

JOURAIPHY Abdelmajid. «Compostage des boues activées-déchets verts : analyses physicochimiques, microbiologiques, toxicologiques, bilan humique et valorisation agronomique». Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Environnement. Université Cadi Ayyad de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia. 2007. 168 p.

KHADRA Ahmed. «Contribution à la valorisation des boues résiduaires par compostage : Suivi physico-chimique et étude du devenir des contaminants organiques émergents». Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement. Université Cadi Ayyad de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia. 2015. 148 p.

### Revendications

1. Nous revendiquons l'alternance d'une phase de stabilisation contrôlée en bioréacteur (la température maximale varie entre 65 et 72°C ; la durée de la phase thermophile est comprise entre 2 et 5 jours) avec une phase de maturation à température ambiante en sacs perforés.
2. Procédé de co-compostage de boues de stations d'épuration en bioréacteur par l'utilisation d'un mélange original comprenant du gazon, des rachis et des feuilles de palmier broyées permettant une amélioration des conditions de co-compostage.
3. Procédé de co-compostage qui permet de traiter des boues de stations d'épuration, quantité très supérieure à celles utilisées dans d'autres prototypes.
4. Procédé de co-compostage, selon la revendication 2 qui permet de contrôler le processus de co-compostage.
5. Procédé de co-compostage de boues en bioréacteur, selon la revendication 2 et 4 qui permet de varier le ratio ' ' Boue - Rachis de palmier - feuilles broyées - Gazon ' ' afin de contrôler l'humidité et le rapport C/N.
6. Procédé de co-compostage avec une durée de digestion aérobie en bioréacteur de 12 jours, et une phase de maturation de 3 mois en sacs perforés.
7. Procédé de co-compostage dont le taux de la dégradation de la matière organique varie entre 36 et 45% durant 3 mois et demi de co-compostage (caractéristique d'un compost mature) ;
8. Procédé de co-compostage qui permet d'avoir un fertilisant stable qui pourra faire l'objet d'une valorisation agronomique.

Planche de Dessins

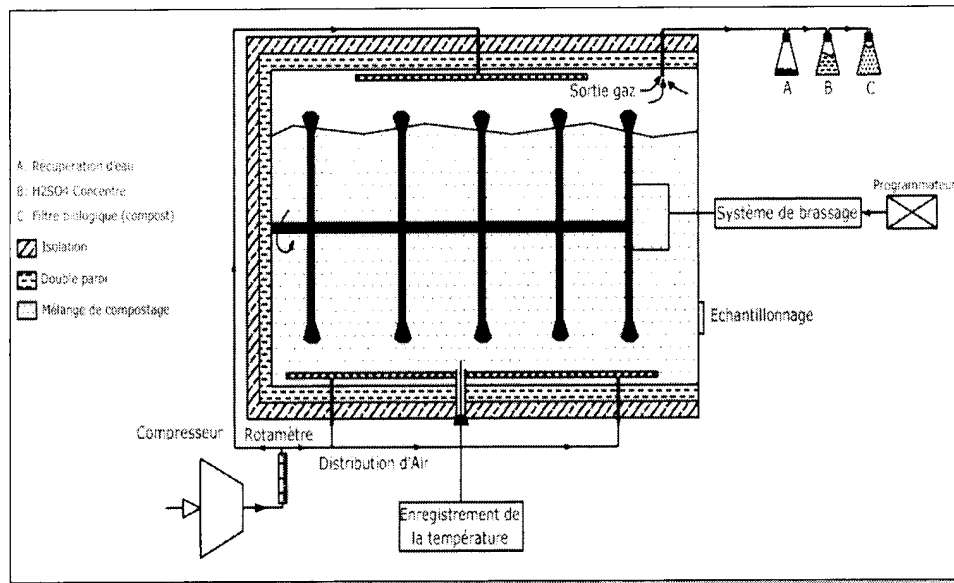
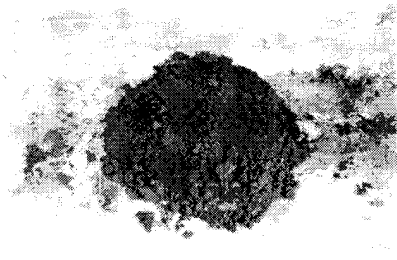


Figure 1 : Bioréacteur de co-compostage utilisé par Viel et al. (1987) remodifié

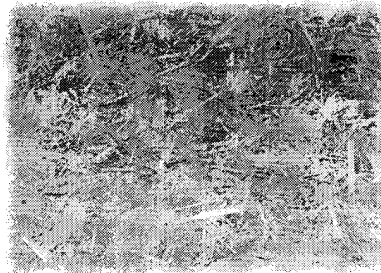
Boue



Gazon (Cynodondactylon)



Feuilles de palmier broyé (Phoenix)



Rachis de palmier (Phoenix)

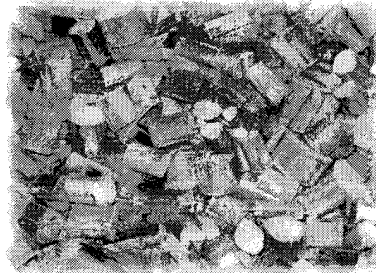


Figure 2 : Substrats utilisés dans le co-compostage

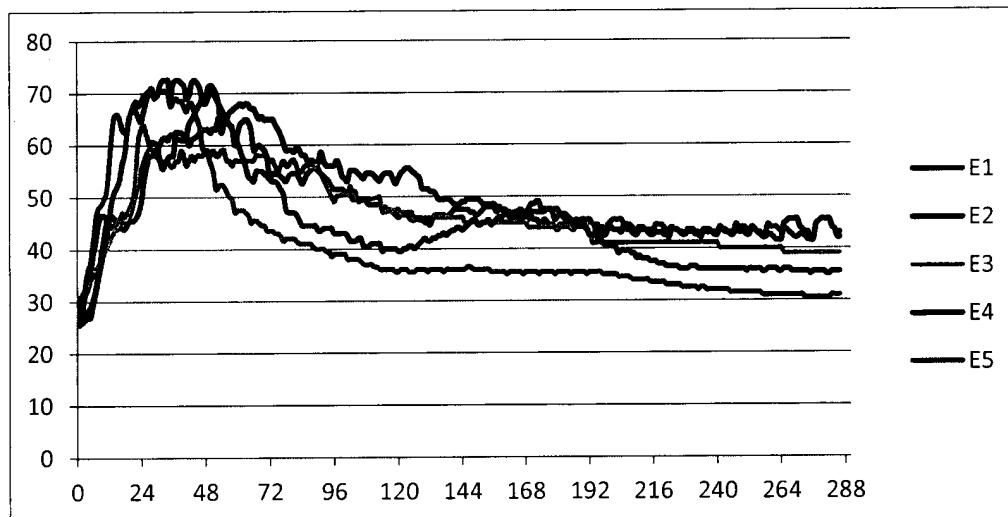


Figure 3 : Evolution de la température au cours du co-compostage



**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et  
complétée par la loi 23-13)

|   |   |
|---|---|
| <b>Renseignements relatifs à la demande</b>   |   |
| N° de la demande : 40053  | Date de dépôt : 09/02/2017  |
| Déposant : UNIVERSITE CADI AYYAD  |   |
| Intitulé de l'invention : OPTIMISATION DU CO-COMPOSTAGE DE BOUES RESIDUAIRES DE STATIONS D'EPURATION AVEC UN POLYMERE LIGNO-CELLULOSIQUE ISSU DE PALMIER DATTIER (PHOENIX) EN CONDITIONS CONTROLEES DANS UN BIOREACTEUR   |   |
| Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. |   |
| Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.  |   |
| Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :   |   |
| Partie 1 : Considérations générales   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport   |   |
| <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité   |   |
| <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés  |   |
| Partie 2 : Rapport de recherche   |   |
| Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle  |   |
| <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée  |   |
| <input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention   |   |
| Examineur: A. BRINI   | Date d'établissement du rapport : 08/09/2017  |
| Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00   |  |

| <b>Partie 1 : Considérations générales</b>   |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
| <i>Cadre 1 : base du présent rapport</i>   |  |                                     |
| Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :  |  |                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Description</u><br/>8 Pages</li> <li>• <u>Revendications</u><br/>8</li> <li>• <u>Planches de dessin</u><br/>2 Pages</li> </ul>   |  |                                     |
| <b>Partie 2 : Rapport de recherche</b>   |  |                                     |
| <b>Classement de l'objet de la demande :</b>   |  |                                     |
| CIB : C05F17/00, C05F7/00, C02F11/12, B09B3/00   |  |                                     |
| CPC : C05F17/0018, B09B3/00  |  |                                     |
| Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :   |  |                                     |
| <b>EPOQUE, Orbit</b>   |  |                                     |
| <b>Catégorie*</b>  | <b>Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents</b>  | <b>N° des revendications visées</b> |
| A  | EL FELS Loubna "suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologie du compostage de boues de STEP mélangées à des déchets de palmier : validation de nouveaux indices de maturité". | 1-2, 6-7                            |
| X  |  | 3-5,8                               |
| A  | D.R. Kala et al "Composting Oil Palm Wastes and Sewage Sludge For Use In Potting Media Of Ornamental Plants"<br>Malaysian Journal of Soil Science Vol.13, 2009, page 77-91                 | 1-8                                 |
| A  | EP1316534B1 ; TRAITEMENT VALORISATION<br>DECONTAMINATION [FR];04-06-2003<br><br>Document en entier   | 1-8                                 |
| <b>*Catégories spéciales de documents cités :</b>  |  |                                     |
| <p>-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs</p> <p>-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté</p> |  |                                     |

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité***Cadre 4 : Remarques de clarté*

1. Selon l'article 9 du décret d'application de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, la revendication 1 doit contenir une partie préambule, une partie caractérisante et peut être rédigée sous la forme suivante « procédé de co-compostage de boues de stations d'épuration ... caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes... ».
2. Le terme « original » employé dans la revendication 2 est vague et imprécis, et laisse subsister un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle il se rapporte, au point que l'objet de ladite revendication n'est pas clairement défini.
3. Les revendications 3-5 et 8 ne satisfont pas à l'exigence de clarté, car l'objet de la protection demandée n'est pas clairement défini. Les revendications tentent de définir l'objet par le résultat recherché, ce qui revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat.

*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

|  |                        |     |
|--|------------------------|-----|
| Nouveauté (N)                                | Revendications 1-8     | Oui |
|  | Revendications aucune  | Non |
| Activité inventive (AI)                      | Revendications 1-2,6-7 | Oui |
|  | Revendications 3-5,8   | Non |
| Possibilité d'application Industrielle (PAI) | Revendications 1-8     | Oui |
|  | Revendications aucune  | Non |

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1: EL FELS Loubna "suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologie du compostage de boues de STEP mélangées à des déchets de palmier : validation de nouveaux indices de maturité.

D2: D.R. Kala et al "Composting Oil Palm Wastes and Sewage Sludge For Use In Potting Media Of Ornamental Plants", Malaysian Journal of Soil Science Vol.13, 2009, page 77-91.

D3: EP1316534B1

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun des documents susmentionnés ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques telles que décrites dans les revendications 1-8, d'où celles-ci sont nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 qui est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un procédé de co-compostage de boues de stations d'épuration mélangées à des déchets de palmier dattier (mélange A et B) comprenant une phase de stabilisation contrôlée se déroulant à une température qui atteint 72°C, une durée de la phase thermophile d'un mois et une phase de maturation à température ambiante. Après six mois, le taux de décomposition de la matière organique est de l'ordre de 40%.



L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le compost comprend un mélange des boues de stations d'épuration, rachis de palmier dattier, foliole de palmier dattier et du gazon et que les conditions opératoires du procédé ne sont pas identiques.

L'effet technique est une meilleure dégradation de la matière organique dans un temps réduit.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre peut être considéré comme étant la fourniture d'un procédé amélioré de co-compostage des boues d'épuration.

La solution proposée n'est pas évidente, car aucun document de l'art antérieur ne décrit un mélange identique à celui divulgué dans la présente demande.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications 2,6 et 7 dépendent de la revendication 1 et satisfont donc en tant que telles aux exigences concernant l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications dépendantes 3-5 et 8 ne contiennent aucune caractéristique qui, en combinaison avec celles de l'une quelconque des revendications à laquelle elles se réfèrent, définissent un objet satisfaisant aux exigences concernant l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

### **3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.