



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 33393 B1** (51) Cl. internationale : **C05F 17/00; C05F 09/00**
- (43) Date de publication : **03.07.2012**

- 
- (21) N° Dépôt : **33413**
- (22) Date de Dépôt : **10.12.2010**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE CADI AYYAD, BOULEVARD PRINCE MY ABDELLAH, B.P. 511 MARRAKECH 40000 (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **FARES KHALID**
- (74) Mandataire : **BENCHANAA M'BAREK**

- 
- (54) Titre : **PROCEDE DE PRODUCTION D'UN AMENDEMENT A PARTIR DES ECUMES DES SUCRERIES, DES DECHETS MENAGERS SOLIDES BIODEGRADABLES ET DES DECHETS D'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS**
- (57) Abrégé : LE DÉVELOPPEMENT DES ACTIVITÉS HUMAINES ET INDUSTRIELLES CONTRIBUE À L'AUGMENTATION DE LA PRODUCTION DES DÉCHETS SOLIDES QUI ONT DES IMPACTS NÉFASTES SUR LA SANTÉ HUMAINE ET ANIMALE, SUR LES SOLS ET SUR LES RESSOURCES EN EAUX. DE PLUS, LES DÉCHETS MÉNAGERS SOLIDES NE SONT PAS TRAITÉS PAR LES DIFFÉRENTES COMMUNES ET VILLES DU MAROC. PARMIS LES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES, L'INDUSTRIE SUCRIÈRE PRODUIT CHAQUE ANNÉE ENVIRON 270 000 T DE BOUES (ÉCUMES) ISSUES DE L'ÉPURATION DES JUS DE BETTERAVE ET DE CANNE À SUCRE PAR LA CHAUX ; CES DÉCHETS SONT REJETÉS À L'EXTÉRIEUR DE LA SUCRERIE SANS TRAITEMENT PRÉALABLE ET DANS UNE ABSENCE TOTALE DE CONTRÔLE ET DES NORMES DE REJETS. C'EST UN GRAND PROBLÈME QUI JUSQU'À PRÉSENT N'A TROUVÉ AUCUNE SOLUTION. LE COMPOSTAGE DES ÉCUMES AVEC LES DÉCHETS SOLIDES MÉNAGERS ET UNE SOURCE DE CARBONE TELS QUE LES DÉCHETS ISSUS DE L'ENTRETIEN DES JARDINS ET PELOUSES POURRAIT CONSTITUER UNE SOLUTION ÉCOLOGIQUEMENT ET SOCIO ÉCONOMIQUEMENT ADÉQUATE. ELLE PERMETTRAIT DE TROUVER UNE SOLUTION À LA FOIS AUX ÉCUMES ET AUX DÉCHETS BIODEGRADABLES REJETÉS PAR LES CENTRES URBAINS TOUT EN TRAITANT ÉGALEMENT LES DÉCHETS DES ESPACES VERTS. LE COMPOST OBTENU POURRAIT ALORS TROUVER SON UTILISATION COMME AMENDEMENT

ORGANIQUE POUR LES CULTURES ET LES ESPACES VERTS EN AMÉLIORANT LA COMPOSITION ET LA TEXTURE DU SOL ET EN RÉDUISANT ÉGALEMENT LA QUANTITÉ D'ENGRAIS CHIMIQUE CONSOMMÉE ; IL PERMETTRA AINSI DE RÉDUIRE L'EFFET NÉFASTE DES ENGRAIS CHIMIQUES SUR LA NAPPE PHRÉATIQUE ET DE DÉVELOPPER LA LUTTE BIOLOGIQUE À TRAVERS L'EFFET DU COMPOST FINAL SUR CERTAINS PATHOGÈNES DU SOL.

## **PROCEDE DE PRODUCTION D'UN AMENDEMENT A PARTIR DES ECUMES DES SUCRERIES, DES DECHETS MENAGERS SOLIDES BIODEGRADABLES ET DES DECHETS D'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS**

### **RESUME**

Le développement des activités humaines et industrielles contribue à l'augmentation de la production des déchets solides qui ont des impacts néfastes sur la santé humaine et animale, sur les sols et sur les ressources en eaux. De plus, les déchets ménagers solides ne sont pas traités par les différentes communes et villes du Maroc. Parmi les industries agroalimentaires, l'industrie sucrière produit chaque année environ 270 000 t de boues (écumes) issues de l'épuration des jus de betterave et de canne à sucre par la chaux ; ces déchets sont rejetés à l'extérieur de la sucrerie sans traitement préalable et dans une absence totale de contrôles et des normes de rejets. C'est un grand problème qui jusqu'à présent n'a trouvé aucune solution.

Le compostage des écumes avec les déchets solides ménagers et une source de carbone tels que les déchets issus de l'entretien des jardins et pelouses pourrait constituer une solution écologiquement et socio économiquement adéquate. Elle permettrait de trouver une solution à la fois aux écumes et aux déchets biodégradables rejetés par les centres urbains tout en traitant également les déchets des espaces verts. Le compost obtenu pourrait alors trouver son utilisation comme amendement organique pour les cultures et les espaces verts en améliorant la composition et la texture du sol et en réduisant également la quantité d'engrais chimique consommée ; il permettra ainsi de réduire l'effet néfaste des engrais chimiques sur la nappe phréatique et de développer la lutte biologique à travers l'effet du compost final sur certains pathogènes du sol.

# PROCEDE DE PRODUCTION D'UN AMENDEMENT A PARTIR DES ECUMES DES SUCRERIES, DES DECHETS MENAGERS SOLIDES BIODEGRADABLES ET DES DECHETS D'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS

## DESCRIPTION DE L'INVENTION

### Domaine technique

Cette invention concerne la valorisation de déchets sous l'action des micro-organismes pour produire un compost utilisable comme amendement pour les sols.

### Techniques antérieures

Dans beaucoup de pays du monde, le taux d'urbanisation, la croissance démographique galopante et le développement des activités humaines et industrielles contribuent à l'augmentation de la production des déchets solides qui ont des impacts néfastes sur la santé humaine et animale, sur les sols et sur les ressources en eaux. Par exemple au Maroc, 7 millions tonnes de déchets ménagers solides sont produits annuellement (*Lguirati et al. 2005*) ; Ainsi, le Maroc produit un peu plus de 20 000 t de déchets par jour dont 17 800 t d'ordures ménagères (69 % en milieu urbain). Ces déchets ménagers solides ne sont pas traités. En effet, selon *Benzakour et al. (2003)*, sur la proportion de déchets solides collectés au Maroc (85%), seulement 2 % de déchets sont recyclés ou mis en décharge contrôlée. En 2005, le rapport réalisé par le cabinet Segu révèle une situation alarmante en matière de gestion des déchets. Aujourd'hui la situation n'a guère changé : tous les centres urbains et zones industrielles souffrent d'un ramassage incomplet des déchets et d'une absence d'un circuit formel de recyclage et/ou traitement des déchets entraînant une dégradation croissante de l'environnement avec des répercussions sur la vie économique. Un rapport récent de la Banque Mondiale a estimé le prix de la mauvaise gestion des déchets au Maroc à 1,7 Milliards de DH en 2000 soit 0,5 % du PIB. En dépit de la loi 28-00 publiée en Décembre 2006 et relative au Programme National de Gestion des Déchets ménagers (PNDM), seul un décret d'application concernant des déchets est sorti.

Les procédés classiques d'incinération se sont avérés inadaptés aux déchets marocains (*Soudi 2001*) en raison d'une forte humidité (60 – 70 % liée à la prédominance de la matière organique) et de leur faible pouvoir calorifique (900 – 1000 Kcal/Kg liée à la faible teneur en emballages et matière combustible). Le recyclage ou la dégradation par les micro-organismes s'avèrent donc les traitements les plus judicieux.

Parmi les industries agroalimentaires, l'industrie sucrière produit chaque année environ 270 000 t de boues (écumes) issues de l'épuration des jus de betterave et de canne à sucre par la chaux ; ces déchets produits à partir de 3 millions t de betterave à sucre et 950 000 t de canne à sucre (*Tahiri, 2007*) sont rejetés à l'extérieur de la sucrerie sans traitement préalable et dans une absence totale de contrôles et des normes de rejets. C'est un grand problème qui jusqu'à présent n'a trouvé aucune solution. L'épandage de ces écumes directement sur le sol comme se fait en Europe (*Vandergeten 1993*) n'est pas une solution pour le Maroc en raison des pH très alcalins de ces boues et le pH des sols Marocains. Or, le compostage des écumes avec les déchets solides ménagers et une source de

carbone tels que les déchets issus de l'entretien des jardins et pelouses pourrait constituer une solution écologiquement et socio économiquement adéquate. Le compost obtenu pourrait trouver son utilisation comme amendement organique pour les cultures et les espaces verts.

Pratique très ancienne, beaucoup de travaux sont signalés dans la littérature internationale au sujet du compostage : le développement et l'optimisation des procédés de compostage (*Franco, 2003; Albrecht, 2007*), la qualité du compost et l'évaluation des paramètres de sa stabilité (*Amir, 2005; Kalamdhad et al., 2009; Spaccini & Piccolo, 2009; Zmora-Nahum et al., 2005*), son pouvoir fertilisant (*Altieri et al., 2010; Leroy et al., 2007*) et ses intérêts agronomiques (*Cayuela et al., 2008; Zmora-Nahum et al., 2008*). Toutefois, aucun Travail de compostage n'a été fait sur les écumes et le seul brevet Marocain enregistré dans le domaine de production de compost (MA 26274NA) concerne un compostage provoqué par incorporation des bactéries à un substrat de déchets ménagers seuls.

Le compostage des déchets de l'industrie sucrière et des déchets domestiques solides est une nouveauté à l'échelle internationale et nationale ; c'est une solution au problème posé à la fois par les déchets ménagers des villes et villages marocains et par les écumes des unités sucrières. De plus l'utilisation du compost comme amendement organique, permettra de réduire l'utilisation des engrais chimiques et de leur effet néfaste sur la nappe phréatique et de développer la lutte biologique à travers l'effet du compost final sur certains pathogènes du sol.

Les tests réalisés jusqu'à présent sur cinq années consécutives ont donné des résultats très intéressants. Ces résultats sont directement transférables vers l'agriculteur puisque le compost obtenu durant nos expériences a une composition conforme aux normes.

### Principe de l'invention

Les bactéries présentes naturellement dans les déchets et leur environnement utilisent la source de carbone pour les dégrader. Cette dégradation se poursuit durant 3 mois pour aboutir à un matériau ressemblant à de l'humus. Le compostage étant un processus aérobie, l'apport d'air est nécessaire pour fournir l'oxygène aux organismes décomposeurs et pour remplacer le gaz carbonique produit par la biodégradation. Par conséquent une structure de tas permettant une meilleure circulation d'air reste une nécessité pour l'enchaînement du processus.

La taille des matières à composter est également un facteur important. En effet, lorsque les particules sont petites, la surface spécifique devient importante ce qui augmente la surface d'attaque par les microorganismes. Toutefois la granulométrie ne doit pas non plus être fine pour éviter le tassement du tas et par conséquent une réduction de la circulation de l'air.

le pH est un facteur important qui conditionne la biodisponibilité des éléments nutritifs pour les microorganismes ainsi que la plupart des réactions biochimiques. Au début du compostage une légère acidification a lieu suite à la production de l'acide carbonique ; après quelques jours le système connaît une alcalinisation due à la libération d'ammoniaque grâce au processus d'ammonification des protéines.

La teneur en eau est un facteur important pour l'activité des microorganismes. Dans la pratique, pour le bon déroulement du compostage il convient d'éviter une forte humidité car l'excès d'eau chasse l'air de l'espace lacunaire. Une teneur en eau faible inférieur à 50 % du poids frais, ralentit de manière significative l'activité biologique. La teneur en eau optimale pour le processus de compostage est comprise entre 50 et 60%, au-delà de 65% les conditions d'anaérobiose commencent à se produire.

Manière de réaliser l'invention

**1. Substrats utilisés pour le compostage :**

Les matières premières utilisées sont :

- ✓ Déchets ménagers : déchets solides des fruits et légumes,
- ✓ Déchets des espaces verts : feuilles mortes, herbe et gazon,
- ✓ Ecumes : déchet de l'épuration des jus de la betterave à sucre ou de la canne à sucre.

**2. Caractérisation chimique des substrats :**

Les substrats initiaux sont analysés (deux répétitions pour chaque échantillon) du point de vue carbone organique (C), azote total (NTK), pH et humidité (H) afin de calculer les proportions nécessaires pour obtenir un rapport C/NTK de 25 à 35, valeur recommandée pour démarrer un compostage.

- Détermination du carbone organique total** : elle se fait par oxydation de la matière organique à chaud par un excès de bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  en milieu acide selon la méthode Anne décrite par *Aubert (1978)*. Un blanc est réalisé dans les mêmes conditions.
- Détermination de l'azote total** par la méthode de Kjeldahl : on utilise le protocole développé par **Fares (1993)**.
- pH** : Le pH est mesuré à partir d'une suspension de 20 g d'échantillon frais dans 50 ml de l'eau distillée bouillante après agitation et un repos de 3h ; le pH-mètre est préalablement étalonné par des solutions tampon (pH=4 et pH=7).
- Humidité** : par séchage à l'étuve à 120 °C pendant 4h.

Le tableau 1 donne un exemple de résultat de caractérisation ; ces résultats peuvent toutefois varier en fonction de la variation de la matière première surtout en fonction du contenu des déchets ménagers et de la proportion de feuilles mortes.

**3. Mélange des substrats et démarrage du processus de compostage :**

A partir des compositions des substrats initiaux, on calcule les proportions nécessaires pour obtenir un rapport C/NTK de 25 à 35 et une concentration d'écumes dans le mélange variable selon la destination du compost ; par exemple pour une concentration d'écumes de l'ordre de 32 % il faut pour 1 t de compost :

- 78 kg de déchets des espaces verts,
- 603 kg de déchets ménagers,
- 319 kg d'écumes.

Si le rapport C/NTK est inférieur à 20, on assiste à une perte d'azote et à une production d'ammoniaque et donc à l'émanation de mauvaises odeurs. Si le C/NTK est supérieur à 40, le processus de biodégradation devient lent.

Le mélange est déposé en andain sur des bâches en plastique pour éviter les écoulements et les phénomènes de lessivage lors de l'humectation des mélanges ; il est couvert par d'autres bâches de même nature afin de réduire l'évaporation.

**Tableau 1 : Origine et quelques caractéristiques physiques de matériaux de départ.**

	Source	C (%)	NTK (%)	C/NTK	pH	H (%)
Écumes	Les 12 Sucreries du Maroc	5,11	0,30	17,03	8,6	16,3
Déchets ménagers	Les petites et moyennes décharges	9,35	0,32	29,22	4,7	86,6
Déchets des espaces verts	Les espaces verts des communes, villes et particuliers	44,28	1,67	26,52	7,56	9,39

**4. Suivi du compostage sur 84 jours :**

Ajustée pour le bon démarrage de compostage, l'humidité est contrôlée en plus de la température et de l'aération tout au long de ce processus ; pour cette fin, le retournement et l'arrosage en cas de baisse de l'humidité en dessous de 40-50% sont des moyens très importants.

Une fréquence de retournement élevée assure une meilleure dégradation de la matière organique. Pour assurer l'aération de l'andain au cours du processus du compostage, un retournement est effectué tous les deux jours pendant les deux premières semaines puis deux fois par semaines pendant le reste du processus. Des prélèvements sont effectués tous les deux jours pour la mesure de l'humidité et d'autres chaque semaine pour les différentes analyses physico-chimiques.

Détermination de la température : La température moyenne de l'andain est calculée quotidiennement à partir des valeurs données par les sondes thermiques disposées à des différentes profondeurs et à différents endroits de l'andain. Parallèlement la température de l'air ambiant ainsi que son humidité sont aussi relevées automatiquement.

Prélèvements : Afin d'obtenir un échantillon homogène, 5 prélèvements sont effectués d'une manière uniforme sur l'ensemble de l'andain à la surface et à différentes profondeurs. Ils sont ensuite homogénéisés puis un échantillon est prélevé du mélange. Les analyses seront réalisées sur cet échantillon.

Analyses physico-chimiques :

- **pH** : L'évolution du pH au cours du compostage renseigne sur les différentes phases du processus microbologique en cours et par conséquent la mesure du pH est indispensable au cours du compostage ; elle permet de suivre un processus fermentaire ou même de l'orienter favorablement en le contrôlant.
- **Le rapport C/NTK** : Ce rapport décroît au cours du compostage suite à la dégradation de la matière organique ; la valeur de C/NTK renseigne donc sur l'évolution du processus de

compostage. Celui-ci est arrêté quand la valeur de C/NTK atteint 10-15. Dans notre cas cela prend 84 jours.

- **L'humidité** : Le suivi de l'humidité permet de maintenir une activité microbienne optimale. Un arrosage automatique à l'eau est effectué quand cela s'avère nécessaire.
5. **Qualité du compost final** : Sur le compost final sont réalisées des analyses de carbone organique, azote total, substances humiques, pH, teneur en eau, nitrates, ammoniums, phosphore, métaux lourds (Pb, Cd) et éléments minéraux (Na, K, Ca et carbonates).



# PROCEDE DE PRODUCTION D'UN AMENDEMENT A PARTIR DES ECUMES DES SUCRERIES, DES DECHETS MENAGERS SOLIDES BIODEGRADABLES ET DES DECHETS D'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS

## REVENDEICATIONS

### Revendication 1 :

Procédé de valorisation des écumes des sucreries de betterave et de canne à sucre par compostage caractérisé en ce qu'il comprend l'addition d'autres déchets biodégradables aux écumes selon un processus de compostage naturel.

### Revendication 2 :

Procédé de compostage des écumes des sucreries selon la revendication 1 caractérisé en ce que les déchets ajoutés aux écumes peuvent être les déchets ménagers solides biodégradables, les déchets des espaces verts et tout autre déchet permettant d'avoir un rapport C/N du mélange favorable au processus de compostage.

### Revendication 3 :

Procédé de compostage des écumes des sucreries selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la concentration des écumes dans le mélange peut être variable selon l'utilisation du compost produit.

### Revendication 4 :

Procédé de compostage des écumes des sucreries selon les revendications 1, 2 et 3 caractérisé en ce que les déchets ménagers solides biodégradables et les déchets des espaces verts sont ajoutés aux écumes dans les proportions permettant d'avoir une valeur pour le rapport C/N du mélange égale à 25 - 35. Pour une concentration d'écumes de 32 % dans le mélange, les proportions de déchets ménagers solides biodégradables et des déchets des espaces verts dans le mélange sont de 60 % et 8 %, respectivement

### Revendication 5 :

Procédé de compostage des écumes des sucreries selon les revendications 1, 2, 3 et 4 caractérisé en ce qu'il est réalisé en andains avec une phase de retournement et d'aération et une phase de maturation, les 2 phases durent au total 84 jours.

### Revendication 6 :

Procédé de compostage des écumes des sucreries selon les revendications 1, 2, 3, 4 et 5 caractérisé en ce que le compost produit est utilisé comme amendement pour les sols.

Revendication 7 :

Compost produit et utilisé comme amendement pour les sols selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'il est produit à partir de 3 déchets : écumes des sucreries de betterave et de canne à sucre, déchets ménagers solides biodégradables et déchets d'entretien des espaces verts dans des proportions variables en fonction de la concentration d'écumes utilisée dans le mélange selon les revendications 3 et 4.