



HAL
open science

Évaluation d'une filière simplifiée de compostage des ordures ménagères

Naïma Hafid, Miloud El Hadek, Abdelwahab Lguirati, Ahmed Bouamrane

► **To cite this version:**

Naïma Hafid, Miloud El Hadek, Abdelwahab Lguirati, Ahmed Bouamrane. Évaluation d'une filière simplifiée de compostage des ordures ménagères. *Environnement, Ingénierie & Développement*, 2002, N°25 - 1er Trimestre 2002, pp.13-17. 10.4267/dechets-sciences-techniques.2340 . hal-03178555

HAL Id: hal-03178555

<https://hal.science/hal-03178555v1>

Submitted on 23 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ÉVALUATION D'UNE FILIÈRE SIMPLIFIÉE DE COMPOSTAGE DES ORDURES MÉNAGÈRES

Naïma Hafid*, Miloud El Hadek*, Abdelwahab Lguirati et Ahmed Bouamrane**

(*)Laboratoire de chimie minérale appliquée et génie des procédés, Université Ibn Zohr, Faculté des sciences (Maroc)

(**)Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et des systèmes industriels, Insa de Lyon

Le concept de protection de l'environnement s'oriente vers les méthodes de recyclage et de conservation de la matière organique. Au Maroc, les ordures ménagères sont riches en matières putrescibles. Toutefois leur compostage à grande échelle se heurte à leur forte teneur en eau et à la qualité du produit fini. Une filière simplifiée est expérimentée à Agadir avec des ordures ménagères séchées et non broyées. La caractérisation de dix andains de compost montre une amélioration de sa qualité. Cependant, le manque de finition du produit et sa salinité élevée limitent ses applications en agriculture.

The concept of organic matter recovery for use in agriculture is attracting a great deal of attention. In Morocco, municipal solid waste contains large amounts of organic matter nevertheless, the composting facilities have some problems due to the high waste moisture level and to end-product quality. A simplified composting system is experimented in a plant recently built in Agadir. Analytical results of ten samples taken from ten windrows of compost, which are 10 to 15 months, show some improvements of end-product aspects, however the presence of physical contaminants and the high soluble salt content limit its applications in agriculture.

INTRODUCTION

Bien que de nombreuses études soient effectuées sur le compostage des ordures ménagères, il semble que de par son climat, le mode de vie de sa population, la région d'Agadir offre à ses déchets des conditions propres qui favorisent la concentration ou l'absence de certains composés. Les ordures ménagères, à prédominance organique et d'humidité élevée et l'existence d'un marché potentiel d'engrais naturels offert notamment par les cultures maraîchères favorisent bien l'adoption du compostage pour le traitement de ces ordures. En tenant compte des expériences des autres villes en matière de compostage, plusieurs considérations ont

été prises pour la construction d'une unité simplifiée de compostage [1]. La caractérisation du compost produit a permis d'évaluer les améliorations apportées à son élaboration et de mettre l'accent sur les contraintes de son écoulement.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Échantillonnage

La caractérisation physique des ordures ménagères brutes a été effectuée sur des échantillons de 100 kg. Chaque échantillon a été prélevé à partir des ordures brutes étalées sous forme de bande sur l'aire de fermentation. Les échantillons de compost ont été pris à partir de différents endroits à l'intérieur de l'andain puis mélangés, homogénéisés et quartés pour obtenir un échantillon estimé représentatif [2, 3].

Analyse physico-chimique

La composition physique a été déterminée par la méthode de tri par classe [4,5]. La granulométrie de la fraction terreuse du compost a été évaluée à l'aide d'un tamiseur Afnor NFX 11504. Le carbone organique, le phosphore et l'azote total sont analysés respectivement par la méthode de Walkly-Black [6], la méthode OLSEN et la méthode Kjeldahl [7]. Le pH et la conductivité électrique sont mesurés suivant la norme Afnor x-31103.

Les teneurs en éléments Na, K, Mg, Ca, Cu, Fe, Zn, Cd et Pb sont déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique après minéralisation selon les étapes ci-dessous. Un gramme de déchet séché, broyé finement a été traité à 95°C par 10 ml d'acide nitrique pendant 10 minutes. Après refroidissement, l'échantillon est porté de nouveau à chaud pendant 30 minutes après ajout de 5 ml d'acide nitrique concentré.

La solution est, par la suite, évaporée à 95°C en ajoutant successivement les volumes 10 ml puis 2 ml d'eau distillée et 3 ml d'eau oxygénée (30 %). L'addition de l'eau oxygénée est effectuée ml par ml en maintenant le chauffage jusqu'à la disparition de l'effervescence. Après addition de 5 ml d'acide chlorhydrique concentré et 10 ml d'eau distillée, le bêcher est porté de nouveau à chaud pendant 10 minutes. Le mélange minéralisé est filtré sur papier filtre Wathman (0.45 µ m).

La solution obtenue est jaugée à 100 ml et ensuite dosée [8].

Test de maturité

Un kilogramme de l'échantillon de compost, porté à une humidité de 80 % de sa capacité de rétention, est placé dans un récipient Dewar auto-thermique. Celui-ci est ensuite mis à l'abri des rayons solaires et de la chaleur avec un thermomètre placé dans ses 2/3 supérieurs. Les prises de température sont faites deux fois par jour. Le degré de maturité est déterminé à partir des températures maximales atteintes [9].

ÉTUDE DU COMPOST URBAIN

Composition physique des ordures ménagères

Bien que la composition des ordures ménagères varie dans le temps et dans l'espace, sa connaissance est indispensable pour envisager un traitement adéquat. Dans la ville d'Agadir, les activités domestiques génèrent quotidiennement 250 tonnes d'ordures ménagères. Celles-ci contiennent, à l'état brut, 77 % de matières putrescibles. La présence des déchets imprégnés de liquides augmente le taux d'humidité des ordures ménagères (figure 1). La deuxième catégorie importante est celle des matières plastiques. Leur pourcentage, de l'ordre de 10,7 % du poids humide, dépasse largement la moyenne nationale [10]. Cependant, celui du papier et du carton n'excède pas 3,4 % du poids total. Les autres composantes contribuent par des pourcentages compris entre 1 et 1,6 %.

Compostage des ordures ménagères

Conditionnement primaire

Les déchets provenant des sept communes de l'agglomération sont acheminés vers la décharge municipale où est ins-

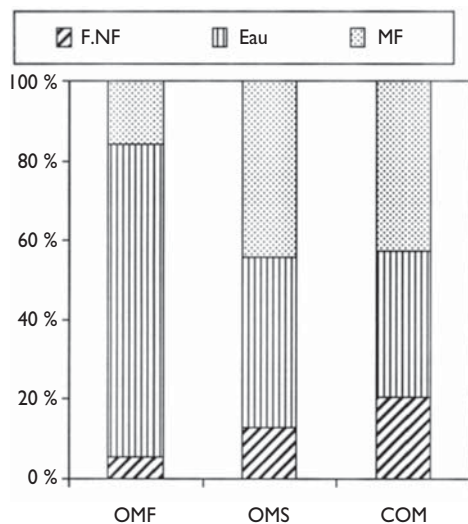


Figure 1 : Composition physique des ordures ménagères fraîches (OMF), séchées (OMS) et du compost (COM)

tallée la station de compostage. L'humidité initiale des ordures ménagères est de l'ordre de 79 %. L'optimisation de la dégradation de ces ordures par les micro-organismes et les conditions de leur criblage ont nécessité la réduction de la teneur de l'eau à 45 % par séchage à l'air libre pendant un mois. Les gros objets facilement reconnaissables (gros cartons, journaux, bidons, ...) sont, ensuite, écartés manuellement. Cette diminution d'humidité a entraîné une augmentation des pourcentages du verre, des métaux et des papiers-cartons. La composition physique de la fraction non fermentescible (FNF.) représentée par des produits minéraux (gravier et céramique), des produits naturels (bois, os) et le taux des papiers et cartons dans les ordures ménagères brutes : fraîches (OMF) et séchées (OMS) est représentée sur la figure 2.

Procédé de compostage

Le séchage des ordures ménagères consiste à les mettre en andains durant 4 semaines dans la plupart des cas et 8 semaines en cas d'un excès d'humidité conséquent au changement des conditions climatiques. Les andains sont répartis en trois catégories désignées par C1, C2 et C3 ayant les dimensions et les fréquences des retournements suivants :

C1 : andains de 6 m de largeur et de 2.5 m de hauteur retournés une fois par semaine.

C2 : andains de 4 m de largeur et de 2,5 m retournés une fois par semaine.

C3 : andains de 6 m de largeur et de 2,5 m retournés deux fois par semaine.

L'aération des différents andains est réalisée par retournement.

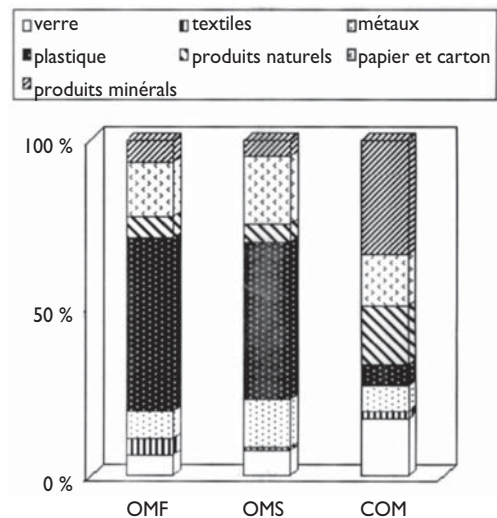


Figure 2 : Typologie des matières inertes et indésirables dans les ordures ménagères fraîches (OMF), séchées (OMS) et du compost (COM) (gravier, céramiques, os et bois) se chiffre à 12 % du poids brut (figure 1). Selon les normes belges [18], un compost urbain doit être exempt de matières tranchantes et contenir au maximum 1 % de matériaux durs. En effet, ces impuretés constituent une source de métaux lourds [5, 19, 20].

Tableau 1 : Évolution de l'humidité des andains d'ordures ménagères mises en fermentation

Age en semaine	1	2	3	4
C1	73	65	60	55
C2	75	68	63	50
C3	74	65	56	46

ment mécanique. La figure 2 donne l'allure de l'évolution journalière de la température dans six andains durant la fermentation. Le tableau 1 représente les taux moyens d'humidité durant la fermentation. Ces résultats montrent que l'humidité des andains du traitement C1 est sensiblement plus basse que celle de C2. Ceci peut être lié à la taille des andains. En effet, la surface évaporante des andains C2 est moins importante que celle de ceux de C1. Par contre les andains C3 ont une teneur en eau largement plus basse en fin de la même période de fermentation. Ce résultat montre l'influence de la fréquence de retournement sur le dessèchement des ordures ménagères.

Après fermentation, les ordures sont amenées dans un déchiqueteur à trémie puis acheminées vers un trommel rotatif à maille ronde de 35 mm. Les refus du crible sont envoyés à la décharge et le passant tombe sur une tôle puis il est transporté vers l'aire de maturation qui s'étend sur une superficie bétonnée d'environ un hectare.

Les poids initiaux des andains de maturation varient de 90 à 190 tonnes. Leur hauteur est fixée à 2,5 m et la largeur varie entre 4 et 6 m. Les retournements sont effectués mécaniquement une à deux fois par semaine (tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques des andains de compost mis en maturation

N° Andain	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Poids (tonne)	98	94	101	115	90	96	89	187	121	129
Retournement/ Semaine	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2
Largeur (m)	6	6	4	4	6	6	4	4	4	4

Le procédé de compostage préconise une phase de maturation de trois mois. Le suivi des deux paramètres humidité et température au cours de cette période est donné dans le tableau 3. L'examen de ces résultats montre que les valeurs de température mesurées au sein des différents andains sont élevées et indiquent une forte biodégradation. Ceci peut être expliqué par le fait que l'apport en eau n'est pas optimal pour une bonne dégradation des ordures ménagères. En plus, le nombre de retournements par semaine n'est

Tableau 3 : Évolution de l'humidité et de la température moyennes au cours de la maturation

Age en semaines	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
% Humidité	45	40	35	47	40	49	42	48	41	48	39	47	40
Température (°C)	52	57	60	61	59	57	60	60	58	55	52	50	47

pas suffisant pour assurer une aération optimale des andains. C'est ainsi que la diminution de la température n'est observée qu'au bout de la douzième semaine de compostage.

Appréciation de la qualité du compost produit

La qualité des composts urbains dépend tout à la fois de leurs compositions physique et chimique, de leur degré de maturation et de leurs destinations finales [11, 12, 13, 14]. Les échantillons étudiés proviennent de dix andains de compost déposés en vrac sur l'aire de maturation au sein de l'unité de traitement. Leur âge varie de 10 à 15 mois.

Analyse physique :

Les dix échantillons de compost ont subi séparément un tri manuel. Les indésirables (verre, plastiques, piles et métaux, textiles, papier et carton) représentent en moyenne 10 % en poids du produit brut d'humidité moyenne de l'ordre de 40 %. Le verre et le plastique y contribuent respectivement avec 3,7 et 1,4 %. Ainsi, un épandage de 50 tonnes par hectare apportera au sol 1,8 et 0,7 tonnes respectivement de verre et de plastique. Ces deux macropolluants ne constituent pas un inconvénient réhibitoire au plan agronomique mais portent préjudice à l'aspect visuel du compost et entravent sa commercialisation [15, 16, 17].

La teneur moyenne des matières inertes (graviers, céramiques, os et bois) se chiffre à 12 % du poids brut (figure 1). Selon les normes belges [18], un compost urbain doit être exempt de matières tranchantes et contenir au maximum 1 % de matériaux durs. En effet, ces impuretés constituent une source de métaux lourds [5, 19, 20].

La granulométrie du produit fini est également d'une importance primordiale pour sa commercialisation [18, 21]. L'expérience de l'unité de traitement des ordures ménagères (UTOM) de la ville de Rabat a prouvé que la granulométrie grossière du compost contribue à rebuter sa valorisation agricole [11]. Pour l'UTOM d'Agadir, la granulométrie du compost produit est très fine et ne diffère pas beaucoup d'un andain à l'autre. Cependant, l'absence du broyage en amont a entraîné des pertes de matières fermentescibles au niveau du criblage. La caractérisation des refus du crible révèle un taux moyen de 30 % de matières fermentescibles. Les refus lourds récupérés à l'issue du crible, après chute de 1,5 m et rebond contiennent un taux moyen de 51 % de matières fermentescibles. L'évaluation de la granulométrie de ces matières a montré que la fraction de diamètre inférieur à 25 mm représente plus de 50 % par rapport aux autres fractions.

Analyse chimique

Si les caractéristiques physiques d'un compost s'apprécient de façon relativement rapide, la composition chimique, qui est importante à connaître pour l'agriculteur, ne s'apprécie pas immédiatement et elle peut créer des effets dépressifs sur les végétaux [22, 23]. Les résultats analytiques pour les différents andains sont variables (tableau 4). Cette variabilité peut être expliquée par l'hétérogénéité des ordures ménagères, leur variabilité dans le temps et la difficulté d'obtenir

Tableau 4 : Résultats d'analyse de dix échantillons de compost provenant de dix andains distincts

N° Andain	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% H ₂ O	42,78	43,44	39,36	41,29	42,78	40,28	38,14	39,94	40,16	35,15
pH	8,57	8,54	8,43	8,46	8,04	8,19	8,37	8,25	8,11	7,97
% M.O	40,28	44,33	41,63	42,40	43,09	43,87	46,75	45,02	40,91	37,11
% Corg (% MS)	11,14	14,13	14,13	15,03	13,53	12,81	14,81	9,93	10,80	10,31
NTK (% MS)	1,16	1,19	1,44	1,47	1,33	1,57	0,74	1,22	1,29	1,41
P ₂ O ₅ (% MS)	0,12	0,07	0,12	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11	0,09	0,09
K (% MS)	0,90	1,32	0,90	0,90	1,98	1,07	1,24	1,32	2,06	1,48
Ca (% MS)	11,03	15,03	6,76	9,52	12,27	6,49	5,52	6,28	5,11	9,45
Na (% MS)	1,52	1,31	1,02	1,03	3,17	1,38	1,17	1,37	1,87	2,00
Mg (% MS)	1,25	0,77	0,69	0,74	0,92	0,59	0,53	0,57	0,36	0,88

un échantillon parfaitement représentatif. La différence de fréquence de retournement et d'âge entre les andains peut aussi contribuer à cette dispersion (tableau 4). Le poids des andains a subi une réduction de 43 à 53 % suite à la dégradation de la matière organique et à l'évaporation de l'eau. Les teneurs en matières organiques varient de 37 à 47 % de la matière sèche (tableau 4). Ces teneurs sont susceptibles de combler le déficit enregistré en matières organiques dans les sols de la région et de limiter la consommation des engrais de synthèse.

La teneur en carbone organique varie de 10 à 15 % de la matière sèche. Cette teneur augmente avec la granulométrie et passe de 9,6 % pour la fraction de diamètre inférieure à 0,25 mm à 13 % pour celle de diamètre supérieur à 4 mm. Cette augmentation peut être due à la présence des débris de papier et de carton dans la fraction à granulométrie supérieure. Ces débris confèrent au compost une grande capacité de rétention en eau susceptible de réduire les pertes des éléments par lessivage. Ainsi, par sa teneur en humus et sa capacité de rétention en eau, le compost est intéressant pour les sols sableux. En effet, les sols de la région contiennent du sable, des limons, peu d'argile et peu d'hu-

mus [24]. En Arabie Saoudite, où les sols sont sableux, des études menées par Ragaa et al [25], ont montré une action positive du compost urbain sur les propriétés physiques du sol.

L'accumulation de l'azote ammoniacal et l'effet tampon des substances humiques ont augmenté le pH à des valeurs comprises entre 8 et 8,6. Cette légère alcalinité est souvent désirée [14]. Toutefois, la conductivité électrique varie de 5 à 9 mS/cm. Cette valeur est élevée comparée au compost commercialisé localement (2.12 mS/cm) [26] et à la moyenne des composts français [27].

Cette salinité peut être due à la présence des déchets de poissons très salés et elle peut manifestement être nuisible pour les cultures à des doses élevées [14]. Une étude de Manios et al [28], a montré une augmentation sensible de la conductivité électrique par apport du compost urbain à un sol contenant 51 % de sable, 48 % de limon et 1 % d'argile.

Les teneurs en azote total et en potassium dépassent largement les valeurs minimales requises par l'Institut fédéral pour l'aménagement et la protection des eaux [11]. Les taux de phosphore P₂O₅ sont inférieurs à 0,12 % de la matière sèche. Pour le calcium, les teneurs varient entre 5 et 15 % de la matière sèche. Dans le cas des sols acides, l'effet alcalinisant du calcium constitue un avantage du compost produit. Les teneurs en sodium sont également importantes et vont de 1 à 2 % MS. Néanmoins, les concentrations moyennes obtenues pour le Cu, Zn et le Pb (tableau 5), dépassent les valeurs fixées pour les composts urbains en Allemagne et en Suisse [29]. Elles sont encore plus élevées comparées à celles recommandées dans l'écolabel européen pour les amendements du sol [30]. En effet, l'absence de tri tout au long du procédé a entraîné cette charge importante en métaux dans le compost.

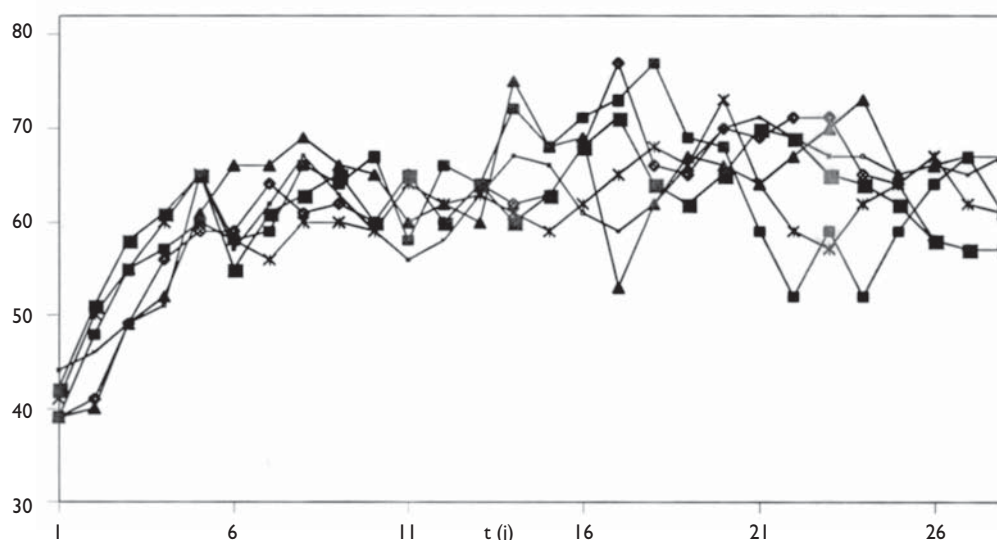
**Figure 3 : Évolution de la température dans six andains en phase de fermentation**

Tableau 5 : Teneurs en métaux dans les différents andains de compost (en mg/Kg de la matière sèche)

N° Andain	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	18000	15200	4000	2500	7300	2400	2500	4200	2400	19300
Cu	350	160	140	150	190	720	590	770	140	2740
Zn	572	494	594	601	635	635	596	793	633	615
Cd	0,6	nd	1,2	nd	nd	nd	0,1	10,8	nd	nd
Pb	467	11,5	584	33	812	507	193	1043	1445	647

Évaluation de la maturité

La maturité du compost constitue un indicateur important pour apprécier sa qualité [31, 32]. Différents paramètres peuvent être utilisés pour déterminer son degré [33, 34]. Certains auteurs procèdent par des tests de phytotoxicité [13] et d'autres par des analyses spectroscopiques [35].

Pour les échantillons étudiés ayant plus de dix mois, le facteur utilisé est la température selon la méthode allemande utilisant le récipient Dewar auto-thermique. Durant 15 jours, la température maximale des différents tests n'a pas excédé 30 °C. Le compost est considéré mûr. En effet, depuis les cinq premiers jours de fermentation, la température a dépassé 60 °C au sein des différents andains et s'élève aux environs de 80 °C pour certains. Ces mesures et les valeurs du rapport C/N comprises entre 8 et 15 confirment cette maturité. Des études ont montré qu'une température de 55°C est suffisante pour détruire plusieurs espèces de mauvaises herbes [36]. D'autres effectuées sur un mélange de boues et de déchets domestiques, ont montré que l'exposition du produit à la même température, pour au moins trois jours, était suffisante pour obtenir un produit hygiénique [15].

CONCLUSION

Les déchets municipaux de la ville d'Agadir constituent une ressource importante en matières organiques. Leur valorisation en agriculture serait une excellente façon pour atténuer leurs impacts négatifs sur l'environnement. En effet, le compost produit par la station de compostage est riche en matière organique, en azote, en calcium et en éléments mineurs. Le système de criblage adopté a contribué à l'écartement d'une grande quantité de plastique et à diminuer la granulométrie du compost. Cependant, il a entraîné des pertes de matières organiques. En effet, 100 tonnes d'ordures ménagères fraîches donnent après séchage à l'air 47 à 57 tonnes de déchets séchés qui après criblage donnent 14 à 16 tonnes de refus de crible, 14 à 18 tonnes de refus lourds et 19 à 23 tonnes de compost. Celui-ci, après 10 à 15 mois contient 7 à 11 tonnes de matières organiques.

Le compostage en andains retournés des ordures ménagères séchées et non broyées est une filière simplifiée qui peut être adaptée aux ordures ménagères des villes marocaines. La taille importante des andains a permis d'obtenir un produit hygiénique. La finition du compost mûr par criblage à la maille de 5 mm permet d'améliorer son aspect physique. Toutefois les interactions entre les matières putres-

cibles et les contaminants physiques et chimiques favorisée par l'humidité élevée des déchets avant et après leur compostage entraîne une micro-pollution des fractions organiques.

*Naïma Hafid, Miloud El Hadek

Laboratoire de chimie minérale appliquée et génie des procédés - Université IBN Zohr - Faculté des Sciences - B.P 28/S Agadir 80 000 Maroc - Tél : (212)(048) 22 09 57 - Fax : (212)(048) 22 01 00 - E-mail : Elhadek.m@caramail.com

**Abdelwahab Lguirati et Ahmed Bouamrane

Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et des systèmes industriels, Insa de Lyon - Domaine scientifique de la Doua - Batiment Sadi Carnot - 9, rue de la Physique - Villeurbanne

Bibliographie

- [1] Gersar/SCP. Anred-Ademe, Dir. Gén. Coll. Loc. (1995) p.48
- [2] Wiart J., Ademe, Avignon, (1997), 1.
- [3] Soliva M., Bonilla M. J. and Pujolà M., Acta Hort (172) (1985) 223.
- [4] Girod P., *Récupération et élimination des déchets*, Éditions du Montieur (1981).
- [5] Rousseaux P., Navarro A., et Vermande P., *Tribune de l'eau*, INSA, (1990) 17.
- [6] Segoe S.Rd., *Methods of Soil Analysis*, Agronomy Monograph n° 9, Part 2., 2nd Ed. ASA, Madison, (1982).
- [7] De Bremner J.M., Mulvaney S.C., *Methods of Soil Analysis*, Part 2. ASA, Madison, (1982) 595.
- [8] USEPA, *Analytical Methods For The National Sewage Sludge Survey*, Office of Water, WH-585 (1990).
- [9] Lguirati A., *Thèse de troisième cycle*, Agadir, (1998) p.106.
- [10] Oujarou L., *Les déchets solides urbains : une charge financière et écologique pour les collectivités locales*, géographie urbaine, 1994.
- [11] Jemali B., *Thèse de troisième cycle*, Eljadida, (1996) p.127.
- [12] Bertoldi M., Vallini G., Pera A., Zucconi F., *Composting of agricultural and other wastes*, J.K.R, Cresson, (1984) 27.
- [13] Cousseau C., *Mémoire de fin d'études*, INRA, France (1995) p.54.
- [14] Rosen C.J., Halbach R., Swanson B., Hort Tech 3(2) (1993) 167.
- [15] Stentiford E.I., Mara D.D., Taylor P.L., *Composting of agricultural and other wastes*. J.K.R, Cresser, (1981) 42.
- [16] Carré C., TMS (2) (1995) 107.
- [17] Bilderback T.E., Powell M.A., North. Carolina. Coop. Pub. (1996) 1.
- [18] Wilsen G.C.S., Acta Hort (150), In: Substrates, (1983) 19.
- [19] Paino V., Peilles J P., Montlahuc O., *Comp Sci and utiliz*, 4 (2) (1996) 62.
- [20] Maestre L.Y. et al., *Déchets urbains, Nature et caractérisation*, Lausanne (1994) p. 219.
- [21] Segura J., *Biofutur*, Février, (1984) 19.
- [22] Nicolardot B., Germon J.C. et al, *Comp. Info* (10), Anred (1982) 2.
- [23] Mustin M., *Le compost, Gestion de la matière organique*, Ed F.Dubusc. Paris (1987)p. 954.
- [24] Brakez A., *Le tixerant*, Ministère de l'intérieur, (1997) p. 70.
- [25] Ragaà E. A. S., Hago M.A. Shafik I. A., Rifaat K. R., *J. of Arid Envir*, 29 (1995) 253.
- [26] Ouledahhou A., *Thèse de troisième cycle*, Agadir, N 98/52, (1998), p. 152.
- [27] Henry C. L., Harisson R. B. *Biocycle*, February (1992), 42.
- [28] Chaussod R., Nouaïm R. et Daudin J., *Synthèse bibliographique*, ADEME, (1997) p. 191.
- [29] Celardin F. *Revue horticole Suisse*, Janvier-Révrier, (1991) 1.
- [30] Feix I., *Stage de formation MVAD "Compostage"* Angers, Ademe (1995) 1.
- [31] Vicki B., *Biocycle*, (1999) 62.
- [32] Seekins B., *Biocycle* 37(3) (1996) 72.
- [33] Morel J. L. et al, *Composting of agricultural and other wastes*. J.K.R, Cresser, (1980) 56.
- [34] Hue N. V., Tiu J., *Comp Sci and utiliz*, 3 (2) (1995) 8.
- [35] Schnitzer M. et al, *Bio Agri and Hort*, 10 (1993) 109.
- [36] Grundy A. C., Green J. M., Lennartsson M., *Compost Sci and Utiliz* 6 (3) (1998) 26.