

# Effet du tri sélectif sur la contamination par les métaux lourds des composts d'ordures ménagères

AYARI Fethia (1)\* ; GHARBI Neji (2) ; KOSAI Ridha (2) ; JEDIDI Naceur (1)

1. Centre des recherches et de technologies des eaux, Technopole Borj Cedria, route touristique Borj Cedria Soliman, BP 273, Soliman 8020 - Tunisie

2. Université de Tunis - IPEIT. Laboratoire de chimie de la matière condensée  
2, rue Jawahar Lel Nehru, Monfleury -Tunis - Tunisie.

Pour toute correspondance : [Fethia\\_ayari@yahoo.fr](mailto:Fethia_ayari@yahoo.fr)

## Résumé

Le compostage est un processus qui permet l'accélération de la décomposition naturelle de la matière organique, en présence d'oxygène, par les micro-organismes. Les composts utilisés en agriculture peuvent conduire à une accumulation d'éléments métalliques dans le végétal qui peut atteindre des teneurs élevées, le rendant ainsi inutilisable. Compte tenu de la toxicité des métaux lourds, il est impératif d'empêcher la pollution métallique des déchets destinés au compostage. Cela peut être réalisé par un système rigoureux de collecte sélective.

La présente étude montre que le tri sélectif fait décroître la quantité de matière non fermentescible et fait diminuer ainsi les risques de contamination par les métaux lourds.

**Mots clés :** Ordures ménagères - Tri sélectif - Compostage - Métaux lourds

## Introduction

Différentes techniques de traitement des déchets ont été développées ces dernières décennies (1)(2)(3). Chacune d'entre elles présente des avantages et des inconvénients (4)(5), mais celle qui est la mieux adaptée doit tenir compte du contexte socioculturel et économique local (4). Parmi ces techniques, le compostage semble le plus adapté en Tunisie où les ordures se caractérisent par une forte teneur en matière organique (60-70 %), un taux d'humidité important (60-65 %) et une faible proportion de papier et de plastiques (6)(7). De plus, l'état du sol et le climat méditerranéen entraînent un affaiblissement important des sols. Les engrais chimiques, quelle que soit leur nature, ne sont pas en mesure de les améliorer (8) et les sources conventionnelles d'amendement organique sont limitées (9). Le compostage nécessite de nombreuses opérations successives : le tri, le broyage, l'homogénéisation, la fermentation, la maturation, le tamisage et le stockage (5)(10)(11)(12).

Le tri consiste à séparer les matières organiques de celles qui ne se décomposent pas (13)(14)(15). La grande hétérogénéité de formes et de dimensions des ordures ménagères rend cette opération difficile et menace la qualité du compost par la présence des polluants tels que les métaux lourds (plomb, cadmium, nickel...) et les éléments inertes tels que les morceaux de verre et de plastique (16). Pour minimiser ces inconvénients, nous avons agi à la source par une collecte sélective en séparant certains constituants des déchets urbains tels que les ferrailles, papiers, verres et plastiques et en les orientant vers des filières destinées à les valoriser (17).

La présente étude est réalisée en appliquant la technique de compostage selon que les déchets sont triés ou non, et en évaluant la contamination du compost par les métaux lourds suite à l'élimination, en amont de la collecte des indésirables (7)(18).

## Matériel et méthodes

### 1) Protocole expérimental

La collecte sélective a été réalisée dans le cadre d'un projet pilote lancé par le ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire dans la cité El Khadra de la ville de Tunis, en associant une population de 6 900 foyers.

Les déchets triés sont répartis en trois lots :

- organiques (restes de cuisine, déchets de jardin...)
- inertes (plastique, verre...)
- toxiques (médicaments, piles...).

Pour faciliter la lixiviation du jus organique et l'aération du produit en phase de décomposition, des matériaux structurants ont été ajoutés aux déchets triés à la source.

Les déchets non triés à la source sont des déchets urbains provenant des cités de la ville de Tunis.

Les déchets triés et non triés ont subi le prétraitement suivant :

- un tri manuel
- un tri magnétique
- un broyage
- un criblage.

Après une période de production d'une semaine, les andains triés et non triés à la source, symbolisés respectivement par DTS et DNTS, sont placés sous abri pour subir une fermentation lente. Chaque andain se caractérise par une quantité de 50 tonnes et une granulométrie < 80 mm.

Après compostage, les analyses sont réalisées dans le laboratoire de la station de l'Institut national de la recherche scientifique et technique (INRST).

## 2) Analyse des métaux lourds

Pour réaliser les analyses des métaux lourds, différents traitements de l'échantillon sont effectués (19)(20) :

- prise d'essai de 2 g prélevés à partir d'un échantillon de compost de 3 kg (méthode de quartage)
- granulométrie fine (0,2 mm)
- minéralisation à reflux.

L'analyse des éléments métalliques dans les échantillons est réalisée par la spectrométrie d'absorption atomique. L'appareil utilisé est un Perkin Elmer 3110.

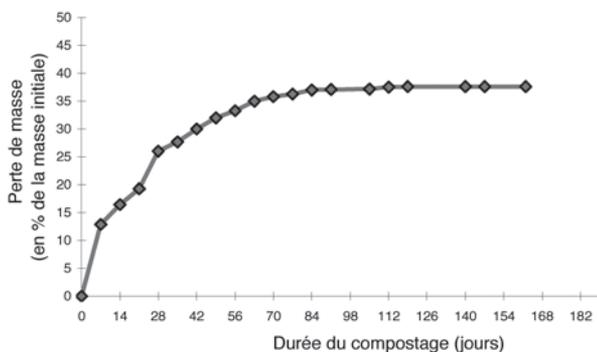
## Résultats et discussions

Nous avons suivi la perte de masse et l'évolution des teneurs en métaux lourds au cours du processus du compostage.

### 1) Perte de masse

La figure 1 représente l'évolution au cours du temps de la perte de masse dans le cas de l'andain DTS. On constate que cette perte de masse est importante au cours des 30 premiers jours et se stabilise au bout de 2 mois.

Figure 1 : Perte de masse au sein de l'andain DTS



L'analyse de ces résultats montre que l'évaporation au cours du processus de compostage réduit la masse des résidus de 20 à 38 % par rapport à la masse initiale (7) selon la nature des déchets ménagers.

## 2) Evolution de la teneur des métaux lourds au cours du compostage

L'importance de la perte de masse au début de la fermentation nous a conduit à opter pour un prélèvement hebdomadaire durant le premier mois pour suivre l'évolution des teneurs des métaux lourds. Après le premier mois, les dosages des métaux lourds sont réalisés chaque mois.

L'analyse des métaux lourds et le suivi de l'évolution de leurs teneurs au cours du processus du compostage sont effectués sur les deux andains.

Les figures 2 et 3 présentent les résultats obtenus avec les andains DNTS et DTS.

Figure 2 : Evolution des teneurs en métaux lourds durant le processus du compostage au sein de l'andain DNTS

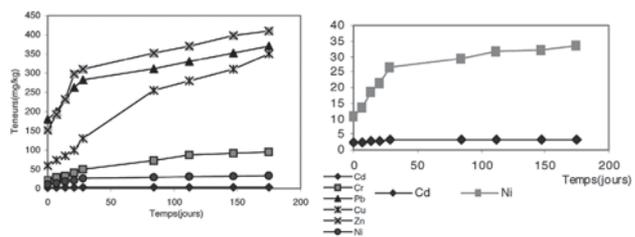
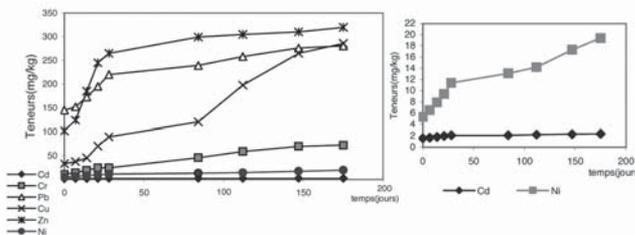


Figure 3 : Evolution des teneurs en métaux lourds durant le processus du compostage au sein de l'andain DTS



Nous constatons une évolution de la teneur des éléments métalliques rapide au cours du premier mois et qui devient lente ensuite. L'augmentation rapide des teneurs massiques en métaux lourds au cours des 30 premiers jours semble être liée à la perte en masse élevée au cours de cette période.

Ces résultats montrent que l'évolution des teneurs des métaux lourds ne dépend pas du traitement. Cependant, les teneurs elles-mêmes de ces éléments sont étroitement liées aux modes de traitement.

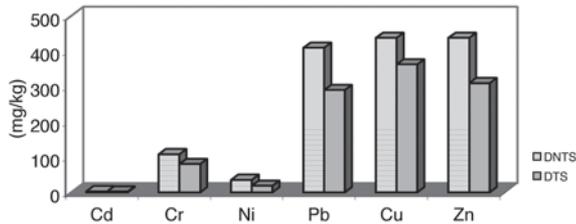
L'analyse de ces courbes met en évidence deux familles de comportement des métaux lourds lors du compostage. Le tableau I regroupe les teneurs en métaux lourds dans les différents composts produits (en ppm).

**Tableau 1 : Teneurs en métaux lourds dans les différents composts produits (en ppm)**

Echantillon	Famille I			Famille II		
	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
DNTS	3,6 ± 0,4	108 ± 9	35,7 ± 6,0	410 ± 30	438 ± 39	438 ± 35
DTS	2,4 ± 0,2	80 ± 5	19,4 ± 3,0	290 ± 10	363 ± 9	310 ± 15

On constate que le tri à la source a fait diminuer les teneurs en métaux lourds (figure 4). Cette diminution est de 33 % pour le Cd, 26 % pour le Cr, 46 % pour le Ni, 29 % pour le Pb et le Zn et 17 % pour le Cu.

**Figure 4 : Teneurs en métaux lourds dans les deux types de composts**



Le tri à la source a permis d'éliminer les principaux contaminants (plastiques, verres, métaux...) (21) dont les teneurs sont déterminées (article en cours) (tableau 2).

Les résultats des teneurs en métaux lourds du présent travail et ceux obtenus par Schauner et al. (1994) pour les composts issus des collectes sélectives en France sont consignés dans le tableau 4.

**Tableau 2 : Teneurs en métaux lourds dans les différentes catégories des DM**

	Cd	Pb	Cr	Ni	Zn	Cu
<b>Putrescibles</b>	0,9 - 1,5	30 - 93,5	11,65 - 20,55	16 - 38,50	95,5 - 132	16,75 - 29,5
<b>Papiers</b>	1,58 - 1,97	32,56 - 34,51	14,58,21,59	10,73 - 12,33	86,48 - 106,5	31,62 - 51,27
<b>Cartons</b>	2,04 - 3,16	25,87 - 32,26	6,39 - 7,93	7,15 - 9,13	73,65 - 93,95	32,87 - 44,59
<b>Complexes</b>	1,76 - 2,77	27,71 - 32,91	4,54 - 6,83	20,08 - 27,42	103,1 - 118,3	32,93 - 47,8
<b>Textiles</b>	1,57 - 1,84	24,76 - 30,15	12,1 - 12,7	25,89 - 27,4	139,7 - 174,4	122,3 - 142,61
<b>Text. sanitaires</b>	0,97 - 1,73	33,96 - 47,11	6,79 - 10,02	27,68 - 35,33	177,2 - 210,8	29,15 - 40,6
<b>Combustibles</b>	1,2 - 2,15	246 - 360	206 - 256,5	46,5 - 71	825 - 880	161,5 - 216
<b>Incombustibles</b>	6,53 - 10,99	41,82 - 53,68	52,76 - 76,14	53,96 - 69,69	103,5 - 125,9	23,93 - 33,85
<b>Verre</b>	8,33 - 16,87	150 - 175,91	30,4 - 45,8	7,6 - 10,12	10,33 - 12,1	9,72 - 12,3
<b>PVC</b>	36,44 - 58,33	715,25 - 982,5	141 - 189,1	171 - 219,3	81,43 - 103,8	53,31 - 78,08
<b>Film B</b>	30,45 - 37,61	157,89 - 231,82	71,95 - 77,27	96,51 - 145,45	138,76 - 181,82	111,63 - 159,09
<b>Film N</b>	27,8 - 31,48	252,48 - 273,15	87,32 - 92,08	90,48 - 135,27	135,27 - 173,27	111,11 - 138,1
<b>Autres</b>	12,3 - 17,08	105,67 - 115,92	57,59 - 73,82	51,19 - 54,91	102,4 - 109,8	41,59 - 48,81
<b>MF</b>	104,92 - 109,76	144,26 - 152,44	262 - 305	361 - 366	262 - 274	274 - 328
<b>MNF</b>	228,67 - 235,14	170,47 - 177,47	189,2 - 273	112,6 - 124,3	248,6 - 266,2	351,4 - 375,4
<b>Fines</b>	1,1 - 2	90 - 145	10,85 - 20,35	20 - 35,5	112 - 189	19 - 29,5

**Tableau 4 : Comparaison entre les teneurs en métaux lourds dans les composts issus des collectes sélectives tunisiennes et françaises (en ppm) (17)**

Métaux lourds	Valeurs tunisiennes	Valeurs françaises	Normes
<b>Cd</b>	2,4	3,5	2 - 5
<b>Cr</b>	80,0	89,0	150
<b>Cu</b>	363,0	71,7	100
<b>Ni</b>	19,4	43,3	50
<b>Pb</b>	290,0	106,0	150
<b>Zn</b>	310,0	375	400

Nous remarquons que dans le cas des éléments Cd, Zn et Ni, nos valeurs sont inférieures à celles de Schauner et al., tandis que pour le Pb et le Cu, nos valeurs sont nettement supérieures.

**Tableau 5 : Comparaison des teneurs en métaux lourds des différents composts étudiés avec les normes française et allemande (en ppm)**

	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
DNTS	3,6	108	35,75	410	438	438
DTS	2,4	80,4	19,4	290	363	310
Norme allemande	1	100	50	100	75	300
Norme française	8	-	200	800	-	-

Notes :

— pour DNTS, les valeurs données correspondent à la moyenne de DNTS1 et DNTS2

— pour DTS, elles correspondent à la moyenne de DTS1 et DTS2.

— Pour la norme française, Il s'agit de l'ancienne version. La dernière version de la norme NFU 44051, rendue d'application obligatoire à compter du 28 février 2009 par l'arrêté du 21 août 2007 (JO du 28 août 2007) prévoit les teneurs maximales suivantes (en mg/kg de MS) : As : 18 ; Cd : 3 ; Cr : 120 ; Hg : 2 ; Ni : 60 ; Pb : 180 ; Se : 12 ; Cu : 300 ; Zn : 600. (NDE)

Une comparaison de ces teneurs à la norme allemande « Blaue Angel » et à la norme française nous montre que les teneurs en métaux lourds du compost tunisien respectent bien les normes allemande et française.

## Conclusion

Par le biais de la collecte sélective, le tri des déchets ménagers en vue de compostage se trouve déjà allégé, et en même temps la qualité du compost est améliorée. En effet, le tri fait décroître la quantité des matières non fermentescibles et surtout les composants connus par leur pollution métallique tels que les piles, les pièces métalliques et les matériaux synthétiques colorés. En outre, le tri permet de fournir un compost présentant une faible contamination par les métaux lourds (diminution des teneurs en Cd de 33 %, en Cr de 26 %, en Ni de 46 %, en Pb et Zn de 29 % et en Cu de 17 %).

La comparaison des résultats du présent travail aux normes françaises et allemande permet de constater que le compost produit obtenu à partir des déchets issus du tri sélectif peut être utilisé en agriculture.

## Références

- (1) A. GIROUX (1999) : Gestion des matières résiduelles Pour réduire de 50 % les déchets à enfouir, la collecte de la matière organique et le compostage sont essentiels. Vecteur environnement – Volume 32, n° 6, novembre 1999.
- (2) DISTRICT DE TUNIS (1984) : Etude des perspectives de commercialisation du compost. Livre I. 63 p., livre II. 54 p., livre III. 42 p.
- (3) R. GILLET (1986) : Traitement des déchets solides et son application dans les pays en voie de développement. Vol. 2, 538 p.
- (4) G. MIQUEL, S. POIGNANT (1999) : Les nouvelles techniques de recyclage et de valorisations des déchets ménagers et des déchets industriels banals. Rapport 415. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.
- (5) AGHTM (1985) : Les résidus urbains. Traitement et valorisation. Deuxième édition. Vol. 2, 437 p.
- (6) R. HACHICHA (1991) : Compostage des déchets urbains : Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Mémoire de DEA, Univ. de Tunis, 74 p.
- (7) F. AYARI (1995) : Métaux lourds dans les composts urbains : Analyse par spectrométrie d'absorption atomique et mise au point d'un protocole d'extraction séquentielles, 71 p., DEA (FST).
- (8) T.H. XIN, S. TRAINA et T.J. LOGAN (1992) : Chemical properties of municipal solid waste composts. J. Envi. Qual., Vol. 21., pp. 318-327.
- (9) M. DATIN (1995) : Le traitement biologique des déchets. Un exemple de plan départemental de gestion des déchets. TSM, février 1995 ; n° 2.
- (10) D. PELLETIER et G. TREMBLAY (1993) : Guide de la collecte et du compostage des résidus verts. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Les Publications du Québec.
- (11) R. IMPENS, M. BAUDUIN, E. DELCARTE & M. BARIDEAU (1990) : La présence des métaux lourds est un obstacle au recyclage de la matière organique en agriculture, Unité d'enseignement et de recherche de biologie végétale, Faculté des sciences agronomiques. GEM-BLOUX, pp. 1-13.
- (12) ADEME (2000) : La réglementation française sur la valorisation agronomique des déchets organiques, Organisation et points principaux.
- (13) B. MORVAN et J. CARRE (1995) : Oligo-éléments et micropolluants dans les composts, TSM, L'eau, n° 2, pp. 138-140.
- (14) B.L. SAWHNEY, G.J. BUGDEC et D. STILWELL (1995) : Heavy metals leachability as affected by pH of compost. Amended Growth Medium used in container, Grown Rhododendrons. Compost Sciences and Utilization, Vol. 3, N° 2, pp. 64-73.
- (15) J. TRICHET, J.R. DISNAR, S. BONNAMY, B. GAUTHIER, S. NAKA, A. BERLIN, A.R. PERUCHOT et N. JOMIER (1987) : Le comportement mutuel de la matière organique et des métaux. Implications géochimiques et métallogéniques. Mem. Soc. Géol. N° 51, France, pp. 143-162.
- (16) G. MIQUEL (2001) : Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, n° 261.
- (17) P. SCHAUNER (1994) : Compostage des déchets fermentescibles issus de collectes sélectives, systèmes d'affinage à haut rendement, Sivom de Bapaume, France, 1<sup>re</sup> édition.
- (18) E.L. NAIFAR, J.L. PINEAU, T. MARGHICHE et A. EL YAHYAOUI (2002) : La fraction fermentescible végétale des ordures ménagères de l'agglomération de Rabat et le plomb contenu. TSM n° 4, avril 2002.
- (19) A.P. BERMOND (1994) : Analysis, 22, 237-240.
- (20) J.A. HELSEN, P.F. HERMANS (1977) : Atom. Abso. Newsl. 16, 5, 119.
- (21) S. TURRIN (1994) : Collecte sélective à la source. SIVOM de Gueugnon (Saône-et-Loire), TSM n° 9, septembre 1994.