

Exposition des populations.....2

- COV : air, lixiviats, rejets solides, ambiance de travail
- Bioaérosols : poussières, bactéries, endotoxines, (1-3)- β -D glucanes, champignons, *Aspergillus fumigatus*, mycotoxines, Actinomycètes, ambiance de travail, zones proches

Impacts.....3

- Respiratoire, gastro-intestinal, oculaire et divers : bioaérosols, odeurs, riverains, imitation, inflammation, lavage nasal, asthme, aspergillose, BAAE, travailleurs
- Toxique : hydrocarbures, décontamination, sols
- Parasitoses : mouches, température, vent

Produits.....4

- Métaux : Cr, Pb, végétaux, enfants, boues, Cd, Cu, Hg, Zn, déchets verts, lixiviats, sols, maïs, OM, Ni, avoine, laitues, litière, sang, bovins
- Amiante : boues
- Microorganismes : déchets verts, *Legionella*, OM, *Salmonella*, *E. coli*, couches, protozoaires, coliformes, déchets alimentaires, *Listeria*, boues, *Giardia*
- PCDD/F : OM, bois, laboratoire

Brèves.....6

La présente publication constitue une présentation des articles et des travaux scientifiques publiés en la matière. Elle n'exprime pas nécessairement l'opinion des chercheurs du Réseau Santé-Déchets. Le lecteur est invité à se reporter au texte intégral des articles présentés qui sont analysés par un réseau d'experts et ont été retenus, parmi les articles répertoriés, en fonction de leur qualité scientifique. Les revues de synthèse jugées intéressantes sont plutôt référencées dans les rubriques « à lire également ».

Les textes commentés dans le bulletin *Info Santé-Déchets* sont également accessibles sur le site : www.pro-environnement.com

Secrétariat de Rédaction et abonnements :

RSD, CEI - 66, boulevard Niels Bohr - BP 2132
69603 Villeurbanne Cedex
Tél. : + 33 (0)4 72 43 64 53
Fax : + 33 (0)4 72 43 98 66
E-mail : r.s.d@voila.fr

Éditorial

Compostage des déchets et santé publique

Comme cela avait été souhaité par le Conseil scientifique, ce numéro d'Info Santé Déchets regroupe les différents articles consacrés au compostage parus de façon dispersée dans les précédents numéros du bulletin.

Le compost produit à partir des déchets ménagers solides ou des boues de station d'épuration est suspecté de créer des risques pour la santé publique. Selon une revue de l'abondante littérature sur le sujet, les composés retrouvés dans les composts sont des métaux lourds (Pb, Hg, Cr⁶⁺, Cd...), des molécules organiques (HAP, pesticides, PCDD/F, PCB...), et des microorganismes. Certains sont éliminés pendant la phase de compostage, d'autres se développent telles les bactéries Gram négatif à pouvoir pathogène entérique ou respiratoire et surtout des champignons, levures et moisissures¹.

Les déchets urbains compostables sont les biodéchets, essentiellement les déchets alimentaires, les déchets verts des ménages ou déchets de jardin, les papiers et cartons, les boues d'épuration. Le paysage français du compostage évolue rapidement. Selon des données récentes à paraître dans une prochaine publication de l'ADEME², le compostage des ordures ménagères non triées à la source représente près de 65 sites de compostage (1 349 000 tonnes d'OM entrantes et 500 000 tonnes de composts produits), 52 sites de biodéchets des ménages (138 000 t de biodéchets + ?? t de déchets verts collectés et 170 000 t de composts produits) et 215 plates-formes ne traitant que des déchets verts (1 500 000 t) et produisant ce qui est appelé « composts de déchets verts » (sans mélange à d'autres déchets) (920 000 t). A ces installations, il faut ajouter 126 plates-formes recevant des boues d'épuration quels que soient les autres produits en mélange avec ces boues (déchets verts, écorces, etc.) (890 000 t entrantes et 450 000 t de compost). Dans ce chiffre, il n'est pas fait de distinction entre boues d'épuration urbaines et industrielles, mais les premières sont dominantes. Notons que les composts de boues d'épuration sont normalisés par la norme NF U 44-095. Une autre norme NF U 44-051 est en révision. Elle régit tous les autres composts que les composts de boues. Ce nouveau cadre réglementaire peut permettre un accroissement de la filière et ainsi justifier la veille sanitaire dont elle devrait faire l'objet.

Les différents aspects de l'exposition des populations aux composés organiques volatils et aux microorganismes, et de leurs impacts sur la santé des riverains ou des travailleurs sont présentés dans ce numéro d'ISD. La présence des métaux ou des microorganismes dans les composts, comme celle d'amiante ou de PCDD/F sont également documentés. Au bilan, cette filière de traitement des déchets, pour écologique qu'elle paraisse, présente néanmoins un certain nombre de risques sanitaires dont il faut tenir compte.

Le comité de rédaction d'Info Santé-Déchets

¹ DEPORTES I, BENOIT-GUYOD JL, ZMIROU D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Sci. total Environ.*, 1995, 172, 197-222 (182 références), LO : 1014, RUB : 1997-18-PROC-COM

² ADEME. 2006. Les débouchés des composts en France : situation nationale et étude de cas sectorielles et régionales. ADEME Edition. Rédacteurs : Bordeau B., Bouquery J-M., Renault C., Aviat D., Daudin D., Bailly-Boucher I., Foucard J-C., Coppin Y.





Exposition des populations

Concentrations en composés organiques volatiles (COV) dans les installations de compostage de déchets urbains (1, 2, 3, 4, 5, 6)

Les composés organiques peuvent être métabolisés pendant le compostage. Seuls les plus stables sont retrouvés : HAP (de 1 à 250 ppm), pesticides (de 0,007 à 2,2 ppm), PCDD/F (de 0,1 à 7 ppm), PCBs (de 0,5 à 5 ppm) et hydrocarbures chlorés (de 0,02 à 1,1 ppm) (1).

Les COV présents dans de nombreux produits commercialisés (détergents, colles, peintures, lubrifiants...) sont retrouvés dans les déchets ménagers. Dans une installation de compostage, les COV sont volatilisés dans les premières heures du traitement. Selon les résultats cités par les auteurs (tableau 1), les concentrations en COV dans l'ambiance de travail sont largement inférieures aux valeurs réglementaires américaines. Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans la zone de réception des déchets où elles approchent ces valeurs. Cet article fournit une première information plutôt rassurante sur un sujet encore peu étudié (2).

Tableau 1 : Concentrations maximales en COV observées dans l'atmosphère de travail d'une station de compostage et valeurs réglementaires aux USA [Kissel, 1993]

COVs	Concentrations maximales mesurées	TWA ¹ (mg/m ³)	STEL ² (mg/m ³)
Acétone	166	1800	2400
Benzène	0,7	3,2	16
Dichlorométhane	0,26	1730	3460
Ethylbenzène	180	435	545
Tétrachloroéthylène	5,6	170	-
Trichloroéthylène	1,3	270	1080
Toluène	66	375	560
Xylènes	22	435	655

¹: TWA : valeurs moyennes d'exposition ; ²STEL : valeurs limites d'exposition

Soixante-sept composés dangereux et quelques autres ayant un effet sur la santé humaine et quelques autres composés organiques volatils (COV) courants ont été dosés sur des échantillons d'air prélevés dans huit usines représentant les différentes techniques de compostage des OM. La concentration totale en COV varie de moins de 10 mg/m³ à plus de 150 mg/m³ selon les échantillons. Les plus fortes concentrations apparaissent localisées dans les tas de déchets. Les émissions de COV se produisent plutôt en début de process dans les échantillons provenant des fonds de tas de déchets, des déchiqueteurs et des composts frais. La diminution des émissions est particulièrement importante entre le compost frais et le compost intermédiaire pour le 1,1,1-trichloroéthane, le toluène et l'éthylbenzène. Les terpènes identifiés chutent plus progressivement. Seules des émissions de cétones dues à la décomposition d'autres composés organiques se produisent plus en aval. Les concentrations des différents COV sont toujours inférieures aux valeurs limites d'exposition établies par l'ACGIH aux USA pour les lieux de travail (tableau 2). La connaissance de ces émissions, encore peu étudiées, permettra d'améliorer la conception des futures installations de compostage (3).

Tableau 2 : Concentrations maximales de quelques composés organiques volatils observées dans des usines de compostage (en µg/m³) [Eitzer, 1995]

Composé organique volatil	Concentration maximale observée dans l'ambiance de travail	Concentration maximale admissible pour l'air des lieux de travail*
Trichlorofluorométhane	49 000	5 620 000
Acétone	31 000	1 800 000
Chlorure de méthylène	260	12
2-butanone	38 000	590 000
Chloroforme	54	49 000
1,1,1-trichloroéthane	4 400	1 900 000
Tétrachlorure de carbone	290	31 000
Benzène	36 000	188 000
Trichloroéthène	40	270 000
2-hexanone	6 600	20 000
Toluène	36 000	188 000
Chlorobenzène	5	46 000
Ethylbenzène	78 000	434 000
m,o et p-xylènes	9 800 et 5 100	434 000

* TLV-TWA : threshold limit value-time weighted average (valeur limite moyenne) de l'ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists)

Le chloroforme, l'éthylbenzène, le toluène, les xylènes, le 1,2-dichlorobenzène, le chlorure de méthylène et le trichloroéthylène ont été mesurés sur des gaz rejetés, des lixiviats, des rejets solides, du compost criblé et de l'air ambiant du quai de déchargement de l'usine de cocompostage de Portage (Wisconsin), qui traite 136 tonnes d'OM et 60,5 m³ de boues de STEP par semaine. Les COV détectés dans les gaz rejetés sont tous à des concentrations inférieures à 1 µg/l. L'éthylbenzène et le toluène ont été mesurés entre 10 et 20 µg/l durant 2 jours dans les rejets solides et le compost. L'éthylbenzène, le toluène et le trichloroéthylène ont été mesurés à 24, 11 et 7 µg/l sur une journée dans les lixiviats. Le toluène est le seul composé détecté dans l'air

ambiant du quai de déchargement à la concentration de 0,05 µg/l. Cette concentration en toluène est basse comparativement aux valeurs d'exposition admises, en France, pour l'atmosphère des lieux de travail soit 550 µg/l pour la VLE et 375 µg/l pour la VME. Les quantités quotidiennes de COV émises dans les gaz de ventilation sont prépondérantes par rapport aux quantités retrouvées dans les lixiviats, le compost et les rejets solides. Elles sont en moyenne de 111 g/j de COV dont 55 g/j de chloroforme, 36 g/j de toluène et 20 g/j de chlorure de méthylène. Il apparaît que le chloroforme et le chlorure de méthylène sont volatilisés respectivement à 74,3 et 95,5% alors que l'éthylbenzène et le toluène sont biodégradés à 93,8 et 87,4%. Les taux d'émission estimés mériteraient d'être confirmés et complétés par des mesures d'une durée supérieure au temps moyen de transit des déchets dans l'installation qui est de 10 à 14 jours (4).

Dans un site de compostage des déchets en Finlande, parmi les COV, des niveaux importants d'acide carboxylique (responsables d'odeurs), d'esters et de terpènes sont mesurés. Cependant les VME finlandaises ne sont jamais atteintes (5).

Dans une usine de compostage d'OM, les contaminants chimiques (COV et H₂S) et la vapeur d'eau sont déterminés aux deux sorties du système de ventilation de l'usine (tableau 3). Le risque devrait être faible puisque l'exposition est toujours en dessous des normes en vigueur au Pays-Bas (10 ppm pour le >H₂S, entre 10⁶ et 8.10⁶ µg/m³ pour les COV) (6).

Tableau 3 : Concentrations en composés organiques volatils (en µg/m³), en sulfure d'hydrogène (en ppm) et en vapeur d'eau (en mg/l), dans l'atmosphère d'une usine de compostage d'ordures ménagères [Heida, 1995]

Hydrocarbures aromatiques		Hydrocarbures chlorés	
Benzène	< 1	Dichlorométhane	< 1
Toluène	76	Dichloroéthènes	< 1
Ethylbenzène	19	1,1-dichlorométhane	< 1
Xylènes	53	1,2-dichloropropane	< 1
Naphtalène	44	Trichlorométhane	< 1
Autres alkylbenzènes	13 000*	Tétrachlorométhane	< 1
		Trichloroéthène	< 1
		Tétrachloroéthène	< 1
Hydrocarbures aliphatiques		1,1,1-trichloroéthane	< 1
Total	52 000*	1,1,2-trichloroéthane	< 1
C6	10 000	1,1,2,2-tétrachloroéthane	< 1
C7	2 300	Dichlorobenzène	< 1
C8	3 100	autres hydrocarbures	
C9	4 000	Limonènes	±120 000
C10	5 600	autres composés	
C11	22 000	Sulfure d'hydrogène	0,5
C12	5 100	Vapeur d'eau	60

* la concentration élevée en alkylbenzène et hydrocarbures aliphatiques est due à la concentration en limonène

Exposition aux bioaérosols dans l'air des sites de compostage des déchets et au voisinage (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)

Dans un site de compostage des déchets en Finlande, les concentrations en microorganismes observées dans l'air ambiant aux postes de travail sont très élevées et supérieures aux préconisations du ministère finlandais de la santé (tableau 4). Les espèces isolées sont parmi les plus allergisantes (*Aspergillus*, *Penicillium* et actinomycètes). Les niveaux en poussières totales sont bas (< 5 mg/m³), mais les niveaux en poussières respirables sont élevés (jusqu'à 80% des particules mesurées) dans le tunnel de compostage et la cabine des pelles. Les niveaux en endotoxines sont inférieurs à 35 ng/m³ à tous les points de mesures (soit de 21 à 266 UE/m³) (UE=unité d'endotoxine). Les résultats confirment l'importance du risque microbiologique pour les travailleurs du compostage des déchets (5).

Tableau 4 : Concentrations microbiennes dans l'air ambiant du site de compostage de Hyvinkaa (Finlande) (en ufc/m³) (ufc = unités formant colonies) [Tolvanen, 1999]

	Champignons ¹		Bactéries ²		Actinomycètes ³	
	20-25°	40°	20-25°	40-55°	20-25°	40-55°
Hall						
-méthode Carnéa	2.10 ³	750	9,5.10 ³	2,8.10 ³	880	780
-impacteur 6 étages	8.10 ³	11.10 ³	13,2.10 ³	35,3.10³	2,2.10³	1,3.10 ³
Salle de contrôle						
-méthode Carnéa	1,8.10 ³	600	320	1,2.10 ³	250	510
-impacteur 6 étages	32.10³	1,8.10 ³	2,2.10 ³	13,4.10 ³	390	460
Tunnel de compostage						
-méthode Carnéa	8,3.10 ³	11,6.10³	15,4.10³	11,6.10 ³	410	19,8.10³
-impacteur 6 étages	3,4.10 ³	6,3.10 ³	10,7.10 ³	1,9.10 ³	350	14.10 ³
Cabine de la pelle						
-méthode Carnéa	36,8.10³	330	4,5.10 ³	190	95	300

¹ recommandations : < 500 ufc/m³ en hiver et < 2 500 ufc/m³ en été (par la méthode d'impacteur à 6 étages)

² recommandations : < 4 500 ufc/m³

³ recommandations : < 10 ufc/m³

Dans une usine de compostage d'OM, les analyses microbiologiques trouvent jusqu'à 28 000 ufc/m³ de bactéries dont 9 000 ufc/m³ de bactéries Gram négatives (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Shigella* et *Yersinia*). Les populations fongiques s'élèvent à 9 000 ufc/m³, principalement *Aspergillus* puis *Penicillium*, *Mucor* et *Rhizopus*. Les concentrations maximales recommandées sont de 100 000 ufc/m³ pour les bactéries et les champignons et de 2 500 ufc/m³ pour chacun des groupes de microorganismes pathogènes. Pour les bactéries Gram négatives un seuil de 1 000 ufc/m³ est proposé. L'article ne tient pas compte des risques liés aux Actinomycètes pourtant responsables de pathologies pulmonaires dans ces ambiances de travail.

La mesure des bactéries Gram négatives sans la mesure des endotoxines dans l'atmosphère est un peu réductrice car il est difficile d'avoir une correspondance entre les deux (6).

Les mycotoxines produites par *Aspergillus fumigatus*, ou leurs métabolites, peuvent occasionner des effets néphrotoxiques, hépatotoxiques ou encore cancérogènes. Dix molécules ont été retrouvées dans les cultures pures, dont 7 plus fréquemment. Dans les échantillons d'air, 2 molécules produites en cultures ont été retrouvées dans un seul des deux sites de compostage de biodéchets explorés : la 2-tryptoquivaline et la trypacidine. Ces molécules sont spécifiques d'*Aspergillus fumigatus* et pourraient servir d'indicateur d'exposition à ce microorganisme. Sur le site où sont retrouvées les toxines, la quantité de spores dans l'atmosphère est importante ($3,2 \cdot 10^7$ ufc/m³) mais la quantité de poussières est qualifiée de faible (0,685 mg/m³). La situation observée est inverse dans le deuxième site : (0 toxine, $1,5 \cdot 10^6$ ufc/m³, $1,375$ mg/m³). Les auteurs en concluent qu'il n'existe pas de corrélation entre les poussières et les spores de champignons. Les toxines sont liées aux spores et non pas aux poussières (pas d'adsorption). Le risque toxique peut exister lorsque de fortes teneurs en spores sont observées ($> 10^7$ ufc/m³), même si les molécules retrouvées ne sont pas les plus dangereuses parmi les toxines produites par *Aspergillus fumigatus* (7).

Afin de comparer la contamination microbiologique aéroportée de divers sites de traitement des déchets et de leurs zones riveraines, les auteurs ont procédé à des échantillonnages sur une période de 4 à 6 mois. Des concentrations plus élevées ont été observées pour les bactéries, *Aspergillus fumigatus* et les populations fongiques totales dans le site de tri (tableau 5). Le maximum d'actinomyètes est retrouvé dans le site de compostage des biodéchets. Les teneurs observées au point témoin ne sont pas significativement différentes des teneurs obtenues sur le site de compostage ouvert et sur la décharge. L'article donne une bonne base de discussion sur les risques microbiologiques aéroportés liés aux sites de traitement des déchets, notamment pour les populations avoisinantes (8).

Tableau 5 : Concentrations microbiennes retrouvées dans l'air ambiant et au voisinage de sites de traitement des déchets et un site témoin (valeurs médianes en ufc/m³) [Reinthal, 1998/1999]

Traitement		Bactéries	Bactéries thermotolérantes	<i>A.fumigatus</i>	Champignons totaux
Compostage de biodéchets	Site	2,6.10 ³ à 4,5.10 ³	2,4.10 ³ à 7,3.10 ³	1,2.10 ² à 1,5.10 ²	1,8.10 ³ à 6,5.10 ³
	Environ	1,2.10 ² à 2,3.10 ²	1,7.10 ² à 5,3.10 ²	5,3.10 ¹ à 8,0.10 ¹	1,1.10 ² à 1,7.10 ²
Compostage agricole	Site	1,6.10 ²	2,4.10 ²	8,6.10 ¹	2,4.10 ³
	Environ	1,4.10 ² à 3,5.10 ²	5,2.10 ¹ à 3,4.10 ²	3,5.10 ¹ à 1,7.10 ²	1,5.10 ³ à 3,6.10 ³
Décharge	Site	5,4.10 ² à 6,1.10 ²	7,1.10 ¹ à 4,8.10 ²	1,8.10 ¹ à 2,7.10 ¹	1,3.10 ³
	Environ	2,2.10 ² à 2,9.10 ²	5,3.10 ¹	1,8.10 ¹ à 3,5.10 ¹	1,1.10 ³ à 2,0.10 ³
Tri	Site	3,4.10 ⁴ à 1,1.10 ⁵	8,5.10 ² à 2,7.10 ³	4,8.10 ³ à 1,7.10 ⁵	6,8.10 ⁴ à 1,4.10 ⁵
	Environ	1,1.10 ² à 2,0.10 ²	1,0.10 ¹ à 6,2.10 ¹	1,0.10 ¹ à 1,8.10 ¹	1,1.10 ³ à 2,3.10 ³
Site témoin		1,5.10 ²	4,9.10 ¹	5,0	1,2.10 ³

Les concentrations en bactéries, moisissures et actinomyètes cultivables ont été mesurées à trois reprises dans l'air ambiant d'un site de compostage. Les concentrations en agents biologiques, qui sont voisines de 10³ au vent, sont plus élevées sous le vent et atteignent des maxima de l'ordre de 5.10⁵ ufc/m³ dans l'air des zones d'habitation les plus proches du site (≤ 250 m). Les actinomyètes thermophiles, non détectés en amont du site sont retrouvés sous le vent à des concentrations maximales proches de 10³ ufc/m³ à 550 m du centre de compostage (9).

Dans un centre de compostage de déchets issus de centres de tri urbains, les moyennes géométriques des concentrations observées après échantillonnage individuel varient selon les postes : de 0 à 1,8 mg/m³ pour les poussières, 27 à 527 EU/m³ pour les endotoxines et 0,36 à 4,85 µg/m³ pour le (1-3)-β-D glucane. Les mesures statiques effectuées dans les locaux de travail donnent des résultats inférieurs aux mesures individuelles, ou du même ordre de grandeur. Les concentrations relevées pour les poussières, les endotoxines et les (1-3)-β-D glucane sont corrélées (10).

Afin d'apprécier l'exposition aux composants de la membrane des cellules contenues dans les poussières organiques, (1-3)-β-D glucanes et endotoxines, à différentes saisons et à différentes températures, des prélèvements individuels par filtration (2 litres par minute) sont réalisés chez deux travailleurs chargés de la collecte de déchets ménagers compostables. Les concentrations en endotoxines sont basses tout au long des essais (< 10 ng/m³) et ne sont pas corrélées à la température ambiante. Les concentrations en (1-3)-β-D glucanes sont plus élevées durant la saison chaude. Il existe cependant des différences entre les deux sujets et d'une année à l'autre. La corrélation entre ces concentrations et la température ambiante est significative ($r = 0,61$; $p < 0,001$). Les auteurs concluent à une exposition plus importante des travailleurs durant l'été, période pendant laquelle ils présentent plus de symptômes. L'étude est effectuée sur deux sujets seulement, ce qui en limite considérablement l'intérêt, même si la période de suivi est longue. Par ailleurs, le (1-3)-β-D glucane peut être issu de la paroi de moisissures de l'ambiance ou des pollens, facteurs qui sont connus pour être plus abondants en été (11).

Bibliographie

1) DEPORTES I, BENOIT-GUYOD JL, ZMIROU D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Sci. total Environ.*, 1995, 172, 197-222 (182 références), LO : 1014, RUB : 1997-18-PROC-COM
 2) KISSEL JC, HENRY CL, HARRISON RB. Potential emissions of synthetic VOCs from MSW composting. *Bicycle*, 1993, 76-78 (11 références), LO : 164, RUB : 1994-05-PROC-COM
 3) EITZER BD. Emissions of volatile organic chemicals from municipal solid waste composting facilities. *Environ. Sci. Technol.*, 1995, 29, (4), 896-902 (9 références), LO : 899, RUB : 1996-15-PROC-COM

4) KIM JY, PARK JK, EMMONS B, ARMSTRONG DE. Survey of volatile organic compounds at a municipal solid waste composting facility. *Water environ. Res.*, 1995, 67, (7), 1044-1051 (12 références), LO : 1037, RUB : 1997-16-PROC-COM
 5) TOLVANEN OK, VILOJ P, HÄNNINEN KI, VEIJANEN A. Occupational hygiene at a drum composting plant in Hyvinkää, Finland. *Proceedings ORBIT 99*, 1999, 629-635 (19 références), LO : 2005, RUB : 2000-31-PROC-COM
 6) HEIDA H, BARTMAN F, VAN DER ZEE SC. Occupational exposure and indoor air quality monitoring in a composting facility. *Am. ind. Hyg. Assoc. J.*, 1995, 56, (1), 39-43 (13 références), LO : 785, RUB : 1995-10-IMP-COM
 7) FISCHER G, MULLER T, OSTROWSKI R, DOTT W. Mycotoxins of *Aspergillus* in pure culture and in native bioaerosols from compost facilities. *Chemosphere*, 1999, 38, 1745-1755 (15 références), LO : 1948, RUB : 2001-32-PROC-COM
 8) REINTHALER FF, HAAS D, FEIERL G, SCHLACHER R, PICHLER-SEMMELOCK FP, KOCK M, WUST G, FEENSTRA O, MARTH E. Comparative investigations of airborne culturable microorganisms in selected waste treatment facilities and in neighbouring residential areas. *Zent. bl. Hyg. Umweltmed.*, 1998/1999, 202, 1-17 (31 références), LO : 1932, RUB : 2001-32-PROC-COM
 9) HERR CE, ZUR NIEDEN A, JANKOFSKY M, STILIANAKIS NI, BOEDEKER RH, EIKMANN TF. Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occup Environ Med.*, 2003, 60 (5), 336-342 (32 références), LO : 2463, RUB : 2004-44-PROC-COM
 10) DOUWES J, WOUTERS I, DUBBELD H, VAN ZWIETEN L, STEERENBERG P, DOEKES G, HEEDERIK D. Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: a relation with bio-aerosol exposure. *Am. J. ind. Med.*, 2000, 37, 459-468 (22 références), LO : 2054, RUB : 2001-32-PROC-COM
 11) THORN J. Seasonal variations in exposure to microbial cell wall components among household waste collectors. *Appl. occup. Hyg.*, 2001, 45, 153-156 (18 références), LO : 2077, RUB : 2001-34-PROD-COM



Impacts

Symptômes rapportés à proximité des sites de compostage et pathologies professionnelles spécifiques (1, 2, 3, 4, 5)

La prévalence des symptômes respiratoires, oculaires et généraux est augmentée dans la population exposée résidant sous le vent d'un centre compostage par rapport aux résidents d'une zone d'habitation située à distance de toute source anthropique de bioaérosols. Elle est aussi plus élevée chez les individus exposés les plus proches du site de compostage que chez les individus exposés plus éloignés. La probabilité de déclarer certains symptômes est significativement liée à l'exposition la plus importante (tableau 6). L'étude montre aussi un lien statistiquement significatif entre la durée de résidence dans la zone d'exposition la plus proche du site et l'existence de réveils nocturne dus à une toux ou d'épisodes de bronchite dans les 12 mois précédents. Il s'agit de l'une des premières études épidémiologiques à s'intéresser à l'exposition aux bioaérosols à proximité des centres de compostage. Ses résultats rejoignent des observations menées en milieu professionnel mais doivent être confirmés par d'autres travaux en population générale avec des méthodologies épidémiologiques plus robustes (1).

Tableau 6 : Risque de présenter divers symptômes chez les sujets exposés au plus haut niveau de bioaérosols dans l'air au voisinage d'un site de compostage ($> 10^5$ ufc/m³) par rapport à des sujets témoins [Herr, 2003]

Symptômes	OR [IC95%]
Bronchite	3,02 (1,35-7,06)
Reveil dû à la toux	2,70 (1,23-6,10)
Dyspnée de repos	3,99 (1,31-15,19)
Dyspnée d'effort	4,23 (1,74-11,34)
Toux au réveil ou durant la journée	2,67(1,17-6,10)
Irritation des yeux plus de 10 x par an	2,44 (1,02-6,22)
Fatigue excessive plus de 5 x par an	2,80(1,22-6,72)
Tremblements	4,63 (1,44-20,85)

Les symptômes ressentis au cours des deux années précédentes pour lesquels un médecin n'a pas établi de diagnostic (mal de dos, nausées, malaise gastrique, souffle court...) et la perception d'odeurs désagréables ont été considérés chez 973 personnes habitant à moins de 1,5 km de 3 installations de compostage de déchets organiques (non précisées) en Allemagne. La fréquence des symptômes décrits par les sujets était bien corrélée avec la perception d'odeurs désagréables et une valeur élevée de « bioaérosols » (bactéries et moisissures) mesurés dans l'air de la zone de résidence. Nausées et symptômes digestifs étaient les mieux corrélés et correspondaient à des taux microbiologiques relativement élevés (10^6 ufc/m³). Ces résultats montrent l'existence de corrélations possibles entre l'exposition à des bioaérosols de compostage associés à des odeurs et des plaintes sanitaires déjà rapportées par d'autres études concernant les émissions microbiologiques tant à partir de sites de compostage, que d'autres installations tels que des centres de stockage de déchets organiques. L'existence d'une relation cause effet reste cependant à prouver (2).

Dans une large revue de la littérature, les auteurs se sont attachés à décrire la technologie des installations puis à recenser les études, principalement transversales, publiées entre 1981 et 1995 sur les pathologies des travailleurs des usines de tri, de recyclage ou de compostage des déchets ménagers. Dans les usines de compostage, des ouvriers présentent des manifestations plus sévères que celles présentées par les travailleurs des autres installations (troubles pulmonaires et gastro-intestinaux, irritation des yeux et des voies aériennes supérieures) comme de l'asthme, et des cas d'aspergillose pulmonaire sont constatés. Les auteurs recommandent d'effectuer des recherches complémentaires afin de mettre en évidence les facteurs de risque spécifiques à ces activités et d'établir les liens de causalité entre les expositions et les pathologies observées (3).

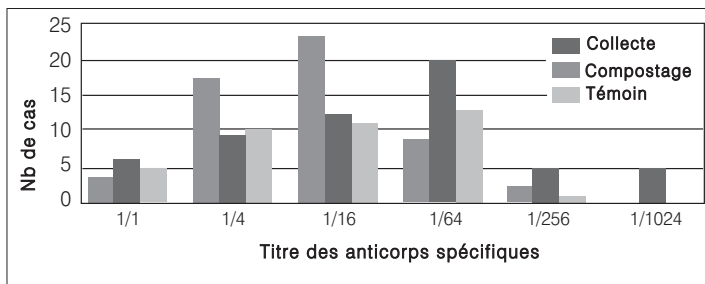
Afin d'apprécier l'inflammation des voies respiratoires hautes, un lavage nasal a été réalisé chez une quinzaine de travailleurs d'un centre de compostage de déchets issus de centres de tri urbains, lors de deux campagnes de mesures réalisées à un an d'intervalle (automne 1995 et 1996). Les concentrations en marqueurs d'inflammation (myéloperoxydase, IL 8, oxyde nitrique,

ECP) sont plus élevées chez les employés du centre de compostage par rapport aux universitaires pris comme témoins avant la prise de poste, notamment chez les travailleurs exposés aux concentrations en endotoxines les plus importantes. Elles sont aussi plus élevées en fin de poste de travail qu'au début. Mais aucune relation n'est observée entre les paramètres d'exposition et les marqueurs de l'inflammation en fin de poste. Les auteurs concluent à une augmentation de l'inflammation des voies respiratoires hautes au cours de la journée de travail. Ils suggèrent que les traces d'inflammation observées avant la prise de poste pourraient traduire le caractère chronique ou subchronique de cet état ou bien un effet différé de l'exposition de la veille. Ce travail a une portée limitée pour ce qui concerne l'étude des effets des bioaérosols en centre de compostage, notamment en raison de la technique d'appréciation de l'inflammation employée, parfois contestée du fait de la forte variabilité des résultats, de la taille limitée de l'effectif étudié et du choix du groupe témoin (4).

Le cas d'un homme de 39 ans, atteint d'une pneumopathie d'hypersensibilité, est présenté par les auteurs. La chronologie d'apparition des signes cliniques, les examens complémentaires et l'évolution du sujet en fonction de l'exposition ou de la suppression de l'exposition, plaident pour la responsabilité du compost de débris végétaux confectionné par cet homme. Des anticorps précipitants sont positifs vis-à-vis de *Thermoactinomyces vulgaris* ainsi que des précipitines contre un extrait du compost. Les critères sont bien ceux d'une bronchiolo-alvéolite allergique extrinsèque (BAAE), maladie immuno-allergique bien identifiée. A signaler deux observations déjà publiées dans la littérature au titre de maladie du terreau (5).

Les salariés des centres de compostage présentent significativement plus de symptômes respiratoires (trachéobronchites, sinusites...), de symptômes cutanés, ou de nausées que les salariés de la collecte des déchets organiques, et surtout plus que les salariés témoins. Un salarié du compostage a présenté dans les 3 semaines précédant l'examen des symptômes typiques du choc toxique aux poussières organiques. Les salariés de la collecte, à l'inverse, ont présenté plus de symptômes de rhinite allergique. Des anticorps anti-*Aspergillus fumigatus* ont été mesurés à des niveaux très élevés chez les salariés des centres de compostage (et non chez les salariés de la collecte d'OM) (tableau 7). D'autres anticorps ont été dosés en excès (par exemple, contre *Streptomyces thermovulgaris*...). Il y a une corrélation significative entre la présence de symptômes et les titres mesurés pour les anticorps spécifiques, et une association entre la durée d'emploi et l'importance du titrage en anticorps. L'article confirme les risques professionnels des salariés du compostage, alors que l'activité de collecte paraît présenter moins de risques, ce qui était suggéré par des études antérieures. L'approche très complète de la réponse immunitaire des salariés aux agressions microbiologiques présentée dans cette étude avait jusqu'à ce jour été très peu réalisée (6).

Tableau 7 : Titre des anticorps (IgG) à *Aspergillus fumigatus* dans le sang de travailleurs du compostage (n=58) et de la collecte des déchets organiques (n=53) et chez 40 sujets témoins (détection des IgG à des dilutions croissantes du sérum des sujets) [Bünger, 2000]



L'apport de compost mature pourrait contribuer à la décontamination des sols pollués par des hydrocarbures (7)

Un mélange de sol et de compost de déchets verts est contaminé par de l'antracène (composé aromatique) et de l'hexadécane (composé aliphatique) marqués au C¹⁴ afin de suivre le devenir de ces composés. Dans le cas du [C¹⁴]antracène la volatilisation est négligeable. La présence de [C¹⁴]CO₂ dans les réacteurs (23,8% de la radioactivité totale) montre la minéralisation du xénobiotique. Après 103 jours, la radioactivité dans le mélange représente 51,3% de la valeur initiale. Cependant seulement 4,6% de la radioactivité est extractible par les solvants organiques. Des résultats similaires sont obtenus avec le [C¹⁴]hexadécane. Les auteurs interprètent leurs résultats dans le sens d'une formation de résidus liés au sol et non pas d'une adsorption puisque la liaison est irréversible. L'apport du compost mature serait bénéfique du fait de la présence des champignons et des actinomycètes qui contribueraient à la minéralisation ou à l'humification du xénobiotique. Des recherches sur le devenir des résidus liés aux sols sur une plus longue période sont nécessaires avant de conclure au bénéfice de ce procédé biologique de décontamination des sols.

Etude des facteurs d'attraction des mouches sur un site de compostage de boues d'épuration (8)

Des captures de mouches, une analyse des composés organiques et la mesure des variables environnementales (température des tas, vitesse du vent, température ambiante) ont été effectués pendant 5 mois sur le site de compostage de Bariloche (Patagonie, Argentine) afin d'étudier les déterminants de l'attraction des espèces vectrices précédemment identifiées sur le site. Sept taxons de mouches ont été retrouvés, le taxon majoritaire est la famille des *Acaliptratae* (pas de donnée générique ou spécifique) les genres ou espèces majoritaires sont *Ophyra sp*, *Cochliomya macellaria*, *Muscina stabulans* et *Fannia sp*. La vitesse du vent et les composés

volatils sont fortement corrélés à certains taxons ou espèces. *Ophyra sp*, *C. macellaria*, sont corrélés positivement avec la vitesse du vent. *M. stabulans*, *Muscina domestica*, *Fannia sp* et *Acaliptratae* sont corrélés aux composés volatils. *M. stabulans* est corrélée par ailleurs aux plus faibles températures. La corrélation avec la température des tas est faible. Ce travail semble novateur dans un début de détermination des phénomènes d'attraction des mouches sur les sites de compostage. Cependant, la thématique des mouches dans le compostage n'est pas nouvelle. Elle est souvent associée à une nuisance. Certains diptères peuvent provoquer des myases (ponte dans les tissus vivants, humains ou animaux), ou être vecteurs de maladies (parasitaires). Ceci dépendra de l'espèce de mouche et des états endémiques de la parasitose considérée. Mais quel est le rôle des espèces comme *Muscina domestica* et *Muscina stabulans* dans notre pays ? Peuvent-elles y provoquer des myases ? Cette première approche ne permet pas d'associer un type d'émission à un type de mouche.

Bibliographie

- 1) HERR CE, ZUR NIEDEN A, JANKOFSKY M, STILIANAKIS NI, BOEDEKER RH, EIKMANN TF. Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occup Environ Med*, 2003, 60 (5), 336-342 (32 références), LO : 2463, RUB : 2004-44-PROC-COM
- 2) HERR CE, ZUR NIEDEN A, BODEKER RH, GIELER U, EIKMANN TF. Ranking and frequency of somatic symptoms in residents near composting sites with odor annoyance. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2003, 206, (1), 61-64 (7 références), LO : 2593, RUB : 2004-46-PROC-COM
- 3) POULSEN OM, BREUM NO, EBHEHOJ N, HANSEN AM. Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci. total Environ*, 1995, 168, (1), 33-56 (88 références), LO : 957, RUB : 1997-18-IMP-COM
- 4) DOUWES J, WOUTERS I, DUBBELD H, VAN ZWIETEN L, STEERENBERG P, DOEKES G, HEEDERIK D. Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: a relation with bio-aerosol exposure. *Am. J. ind. Med*, 2000, 37, 459-468 (22 références), LO : 2054, RUB : 2001-32-PROC-COM
- 5) BROWN JE, MASOOD D, COUSER JJ, PATTERSON R. Hypersensitivity pneumonitis from residential composting: residential composters' lung. *Ann. Allergy Asthma Immunol*, 1995, 74, (1), 45-47 (6 références), LO : 985, RUB : 1997-17-IMP-COM
- 6) BÜNGER J, ANTLAUF-LAMMERS M, SCHULZ TG, WESTPHAL GA, MÜLLER MM, RUHNAU P, HALLIER H. Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among waste collectors and compost workers. *Occup Environ Med*, 2000, 57, 458-464 (46 références), LO : 2038, RUB : 2001-32-PROC-COM
- 7) KASTNER M, LOTTNER S, HEERENKLAGE J, BREUER-JAMMALI M, STEGMANN R, MAHRO B. Fate of C-14-labeled anthracene and hexadecane in compost-manured soil. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 1995, 43, (6), 1128-1135 (37 références), LO : 1118, RUB : 1997-17-PROC-COM
- 8) LAOS F, SEMENAS L, LABUD V. Factors related to the attraction of flies at a biosolids composting facility (Bariloche, Argentina). *Sci. total Environ*, 2004, 328, 33-40 (23 références), LO : 2565, RUB : 2004-44-PROC-COM



Produits

Présence des métaux dans les composts, passage dans les sols et les végétaux (1, 2, 3, 4, 5)

La contribution des composts à la contamination des sols varie selon les métaux (tableau 8). Leur biodisponibilité dans les composts est de 0 à 52% pour le cadmium, 0,2 à 37,3% pour le chrome, 1,4 à 58,6% pour le nickel et 4,1 à 75,4% pour le plomb. Globalement, l'analyse du risque est en faveur d'un risque faible sauf dans le cas de comportement géophagique chez l'enfant où la dose absorbée est 100 à 400 fois plus élevée que la dose acceptable pour le chrome et 700 fois plus élevée pour le plomb. Le cadmium qui se concentre dans les feuilles des végétaux cultivés, et le mercure qui s'accumule dans les champignons peuvent aussi poser un problème de santé publique (1).

Tableau 8 : Contribution potentielle des composts à la contamination des sols par les métaux (estimation du rapport volumique compost/sol = 1/10) [Déportes, 1995]

Métaux	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
Concentration de base dans les sols (ppm)	1-2	0,01-1	23-200	0,1-0,5	3-300	2,6-16	0,001-0,1
Concentration maximale observée dans les composts (ppm)	9	11,7	403	23,3	1220	1312	8,8
Concentration maximale dans les sols après application de compost (ppm)	3	2,1	240	2,8	422	147	0,8
Valeurs guides dans les sols (ppm) (plus sévère - moins sévère)							
- sol cultivé	7-50	0,8-5	50-1000	0,2-50	35-200	50-1000	1-10
- sol constructible	7-30	0,8-5	50-1000	0,2-2	35-1000	50-500	1-10
- espaces verts	7-80	0,8-15	50-600	0,2-20	35-250	50-100	1-10
- écosystèmes non cultivés	40-60	5-10	50-500	10-50	100-200	10 ² -2.10 ³	5-10

Les auteurs ont analysés 21 éléments différents dans 26 échantillons de compost venant de différentes régions des Etats-Unis où les déchets paysagers sont habituellement compostés, de nombreuses collectivités font également du compostage de boues de station d'épuration et d'ordures ménagères en les mélangeant aux déchets paysagers. Parmi les métaux, le cadmium, le cuivre, le mercure et le zinc sont plus élevés dans les composts de station d'épuration (STEP) et d'ordures ménagères que dans ceux de déchets paysagers exclusifs (tableau 9). Les teneurs en molybdène, phosphore et sélénium sont également plus élevées dans ceux d'ordures ménagères que dans ceux de déchets paysagers. Le risque d'accumulation de métaux lourds en cas d'application répétée de composts sur des terrains de jeux ou à usage agricole apparaît non négligeable (2).

Tableau 9 : Teneurs en métaux dans les composts (ppm poids sec) [Lisk, 1992]

	Cadmium	Cuivre	Mercur	Plomb	Zinc
Déchets paysagers	0,33 à 0,81	22,7 à 327	0,04 à 0,21	11,4 à 235	41,6 à 295
Boues de STEP	2,84 à 5,18	432 à 1019	1,90 à 370	58,4 à 116	442 à 975
Déchets urbains	1,01 à 2,49	191 à 1143	1,70 à 6,40	146 à 1312	624 à 2427

Les concentrations de métaux (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn) ont été mesurées dans les eaux recueillies pendant 8 semaines sous les pots servant de support de culture à une plante vivace (*Rudbeckia hirta*) et recevant un mélange de compost et de milieu de culture. Le compost est issu d'un mélange d'OM triées à la source et de déchets verts (rapport 3:1). Les concentrations de métaux augmentent avec la concentration du compost dans les pots. Elles décroissent avec le temps et sont toujours inférieures aux normes américaines sur l'eau potable (tableau 10). Ce travail est plutôt rassurant quant à l'utilisation, pour l'amendement des sols, des composts peu contaminés en métaux lourds issus d'OM faisant l'objet d'un tri sélectif. La question de l'accumulation de métaux lors d'épandages répétés reste cependant posée (3).

Tableau 10 : Concentrations moyennes en métaux lourds dans les lixiviats de composts d'ordures ménagères (durant les 2 premières semaines de l'étude) (en µg/l) [Sawhney, 1994]

% de compost	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zu
0	0,25	1,6	12	13	1,9	54
25	0,81	3,7	57	33	10	216
50	0,64	2,7	73	23	9,2	154
100	0,82	5,0	125	31	17	219
Normes pour l'eau potable (US-EPA 1992)	5	50	1300	100	20	ND*

* pas de valeur maximale déterminée

Par comparaison à des sols non traités, les 20 cm supérieurs de sols amendés pendant 6 années par un compost d'OM ont montré une augmentation significative du Cu, du Zn, du Pb et, durant les deux dernières années, du Cr. Les récoltes de maïs poussées sur les sols amendés ont montré une augmentation générale en teneur métallique, qui était environ trois fois plus forte pour le plomb et deux fois plus élevée pour les autres métaux que dans les plantes ayant poussé sur sols non traités. Le Cu et le Zn sont uniformément répartis dans les plantes, alors que le Cr et le Pb sont moins mobiles et sont accumulés principalement dans les racines. C'est seulement durant les trois dernières années que des traces de Pb ont été trouvées dans les tiges. La mobilité limitée du plomb a été confirmée par une étude conduite en serre sur du maïs arrosé par une solution nutritive enrichie en Pb. Les valeurs du coefficient de transfert plante/sol étaient incluses dans la classe la plus basse selon la littérature indiquant que dans le cas du sol étudié (qui contient 14% de CaCO₃), il y a un transfert limité d'ions métalliques du sol aux plantes. Selon cette étude conduite sur 6 années, l'application de fortes quantités de compost d'ordures ménagères à des sols contenant du CaCO₃ n'entraînerait pas nécessairement des conséquences pour la santé des plantes, des animaux ou la santé humaine (4).

Une autre étude a été réalisée pour apprécier la biodisponibilité des métaux sur de l'avoine cultivée sur des sols amendés par un compost d'OM et un compost de boues résiduelles et évaluer l'importance des fractions chimiques de sols sur le degré d'absorption des plantes à l'aide d'une procédure d'extraction séquentielle. L'application des composts tend à modifier les formes de phase solide des métaux extraits avec HNO₃ ou avec NaOH et EDTA. Les fractions les plus labiles (extraits avec KNO₃ et H₂O) diminuent de façon significative par application des deux types de composts. Après application de 30 ou 60 tonnes métriques/ha de composts d'OM, la matière sèche des récoltes augmente d'environ 50%. Elles diminuent en dessous des valeurs des témoins pour des taux d'application plus élevés (120 ou 240 tonnes métriques/ha). La matière sèche des récoltes décroît après les applications de composts de boues d'épuration. Les applications de composts d'OM ou de boues n'ont pas d'effet significatif sur les concentrations de Cr et Pb dans les tissus d'avoine, par contre les concentrations de Cu, Ni et Zn augmentent avec les taux d'application en compost (tableau 11) (5).

Tableau 11 : Production de matière sèche et concentrations en métal des tissus d'avoine après amendement des sols par des composts [Pichtel, 1997]

Amendement	Taux d'application (Mg/ha)	Matière sèche (g)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Compost d'ordures ménagères	0	0,31a*	16,7a	4,3a	119,6a
	30	0,44a	14,5a	6,1a	104,9a
	60	0,47a	16,0a	8,2b	96,8a
	120	0,20b	26,9a	11,2b	151,8b
Compost de boues d'épuration	0	0,27a	25,0a	14,4c	153,2b
	30	0,30a	16,2a	8,9a	98,0a
	60	0,21ac	14,7a	12,6a	122,8b
	120	0,21a	14,4a	15,6a	129,9b
	240	0,15b	20,1a	16,6a	144,7b
	240	0,13bc	58,7a	25,9a	206,7c

* pour un même taux d'amendement les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Cinq sols urbains pollués par les métaux ont été utilisés en référence avec un sol agricole pour tester l'influence de différents amendements organiques et inorganiques sur l'absorption des métaux par les laitues. Les sols sont enrichis en engrais NPK et reçoivent ensuite du CaCO₃, du phosphore et du compost de boues de STEP. La culture de la laitue a duré 16 jours puis les feuilles ont été analysées pour leur teneur en métaux (tableau 12). Dans le cas du plomb et du cadmium, les résultats montrent que le bénéfice des amendements organiques et inorganiques est d'autant plus grand que la concentration du sol est plus forte. Le risque de transmission par la chaîne alimentaire serait réduit si les sols contenaient moins de 1000 mg/kg de plomb. Pour un même sol, il semble que les comportements de pica (consommation de sol par des contacts

pathologiques main bouche) conduisent à une ingestion de plomb supérieure à celle observée lors de la consommation de végétaux poussés sur ce sol. L'apport de compost de boues de STEP conduit donc ici à une réduction des transferts de métaux dans les végétaux cultivés. Les auteurs concluent par des recommandations pour les jardiniers ; garder un pH de sol > 6,5, utiliser des engrais NPK et des composts, laver les aliments et éviter le transport de poussières du jardin dans les habitations. Les particuliers doivent se renseigner sur l'état de leurs sols avant d'y cultiver des produits consommables (6).

Tableau 12 : Concentrations moyennes en métaux des feuilles de laitues après amendement des sols en boues de STEP [Sterrett, 1996]

Amendement	Production moyenne de laitue par pot (g)	Concentration dans les feuilles de laitue (mg/kg)							
		Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Mn	Fe	pH du sol
Aucun	4,91	7,85	1,3	1,21	112	8,95	33,9	131	6,64
NPK	5,74	5,55	1,18	1,1	101	6,33	27	118	6,66
NPK+CaCO ₃	5,29	5,53	1,18	1,17	75,4	7,15	18,9	122	7,13
NPK+P	6,23	6,54	1,43	1,17	110	6,26	26	126	6,4
NPK+5% compost	5,72	4,79	1,12	0,86	73,3	6,92	21,6	115	7,26
NPK+10% compost	5,11	4,3	0,92	0,72	57,6	7,52	22,5	107	7,33

Dans deux stabulations (blocs 1 et 2), des bovins mâles ou femelles ont reçu comme litière soit du compost d'OM soit des rafles de maïs, pendant 3 mois d'élevage. Différents paramètres ont été mesurés : taux sanguins de métaux (Cd, Cu, Mo, Pb, Ni, Zn), d'électrolytes et enzymes indicateurs. Après abattage, les métaux ont été analysés dans les reins et le foie, et les PCB dans la graisse des animaux. Aucune modification sanitaire ou biologique n'a été observée chez les bovins élevés sur la litière de compost. Pourtant, les teneurs en métaux dans ce compost étaient relativement élevées. En revanche, les taux de métaux dans les reins étaient significativement plus marqués chez les bovins élevés sur un compost, notamment pour le plomb et le cuivre. Toutefois, ils restaient dans les valeurs considérées comme normales chez les bovins. Le sujet de ce travail est original, mais l'usage de compost d'OM directement au contact de bovins à viande ne se conçoit guère en Europe à l'heure actuelle (7).

Présence d'amiante dans les composts de boues de STEP (8)

L'amiante étant un contaminant habituel des boues de STEP, il est intéressant de savoir dans quelle mesure le compost est lui aussi contaminé. Après élimination des divers débris solides, pulvérisation, homogénéisation et calcination, les échantillons de 26 composts sont examinés. Douze contiennent de l'amiante. On en trouve dans tous les composts à base d'ordures ménagères et dans presque tous ceux composés exclusivement de boues d'épuration. L'amiante n'étant pas modifié au cours du compostage il est plus concentré dans le compost que dans le produit de départ. Le compost desséché peut produire des poussières, source de contamination respiratoire.

Présence des microorganismes dans les composts et devenir à long terme (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)

Quatre-vingt échantillons de composts domestiques provenant de 30 jardins et 33 échantillons de compost industriels fabriqués à partir de tonte d'herbe, de feuilles mortes, de branches, de terre, d'écorces de pins, de paille et de fumier, produits sur 6 sites distincts, ont été analysés afin de rechercher la présence de *Legionella*, bactéries pathogènes pour l'homme. La concentration dans les composts industriels variait de 1.10³ à 5.10⁶ ufc/g (ufc = unités formant colonies). La majorité des échantillons (85%) contenait au moins une espèce de *Legionella*, l'espèce dominante étant *Legionella pneumophila* sérogroupes 2 à 14. Pour les composts domestiques, les résultats étaient similaires avec 56% d'échantillons positifs. La provenance des bactéries dans les composts reste inconnue (9).

Les populations de *Salmonella* et d'*Escherichia coli* sont suivies par la méthode de sonde thermique dans un site de compostage d'ordures ménagères et lors de simulations de compostage en laboratoire. Après 44 jours, les *Salmonella* et *E. coli* sont retrouvées durant la maturation du compost d'OM. *E. coli* est encore présent au 90^{ème} jour. Lors d'essais en bain marie en laboratoire portant sur un mélange de boues de STEP et de sciure de bois contaminé par des souches de ces bactéries, la survie dépend de la teneur en eau du compost, de la quantité d'oxygène et du temps (tableau 13). Pour le mélange de déchets alimentaires et de feuilles, les essais de compostage en réacteur montrent que les *Salmonella* résistent 7 jours et les *E. coli* 11 jours malgré une température atteignant 69°C. Les résultats sont similaires pour le mélange boues de STEP-sciure de bois. Bien que l'hygiénisation des composts soit atteinte assez rapidement dans tous ces essais, une mesure biologique devrait être prescrite par la réglementation sur le compostage en complément de la prescription concernant le niveau de température à atteindre (10).

Tableau 13 : Survie d'*E. coli* et *Salmonella typhimurium* à différentes teneurs en eau, sous conditions aérobie et anaérobie, dans un mélange de boues de STEP et de sciure de bois [Droffner, 1995]

	Durée ^a	Température	<i>E.coli</i> / <i>Shigella</i> ^b		<i>Salmonella</i>			
			Teneur en eau					
			basse	moyenne	haute	basse	moyenne	haute
Aérobie	5	55°C	+	+	+	+	+	+
	9	40°C	+	-	-	-	-	-
Anaérobie	20	40°C	-	-	-	-	-	-
	5	55°C	+	+	+	+	+	+
	9	40°C	+/-	+/-	-	-	-	-
	20	40°C	-	-	-	-	-	-

^a en jours,

^b Le test utilisé présente des interactions entre ces 2 germes, 87% des bactéries positives au test sont des *E. coli* et 13% sont des *Shigella*

La recolonisation des composts par des germes fécaux, ici *E. coli*, est testée dans 16 usines américaines de compostage de boues de STEP. Deux usines produisent un compost très sec et de faible maturité, potentiellement recolonisable dès que les conditions favorables sont réunies (11).

Lors d'essais de compostage d'OM en réacteur, aucun des lots de composts contenant de 1,6 à 3,0% de couches jetables ni ceux en contenant de 6,6 à 7,1%, ne présente de résidu de contamination : cyste ou oocyste de protozoaires, entérovirus (ni en culture cellulaire ni en PCR). La recolonisation ou la contamination ultérieure par des oiseaux ou des petits animaux présents sur le site ont pu être à l'origine du seul lot positif pour *Salmonella* (12).

Afin de déterminer la composition bactérienne et parasitaire à long terme des OM lors du compostage, les auteurs se sont intéressés à une station de compostage d'une agglomération urbaine de 400 000 habitants (Grenoble). Comme dans tout phénomène de compostage la température augmente rapidement dans les premiers jours pour atteindre 70-80°C, puis diminue, en même temps que s'effectue une alcalinisation de la matière organique. La concentration en bactéries totales a suivi une lente mais progressive diminution au cours du temps (de 9,38 ufc/g poids sec à 7,91 ufc/g poids sec) pour devenir indétectable à la fin du stockage. Les coliformes totaux et fécaux ont évolué de la même manière mais plus rapidement (de 9,7 ufc/g poids sec à J 0, à < 2 ufc/g poids sec à J 21) avec toutefois une reprise de la croissance des coliformes fécaux à J 174. Les streptocoques totaux, composés principalement de streptocoques fécaux, ont diminué au cours du processus et ont persisté après 4 mois de stockage (9,39 ufc/g poids sec, J 0 à 4,71 ufc/g poids sec, J 242). Les staphylocoques sont très abondants et restent stables au cours du temps (8,9 ufc/g poids sec) mais ne comportent aucune souche pathogène. Des salmonelles et des oeufs d'ascaris ont été retrouvés mais seulement au printemps et ont rapidement disparu à J 27. Aucune *Shigella* n'a été mise en évidence (13).

Pour tester la validité des sondes génomiques pour la détection des *Listeria* dans des composts de déchets alimentaires, les auteurs ont collecté divers déchets alimentaires. Un mélange de déchets ménagers et de feuilles de végétaux ou de feuilles de papier journal est mis à composter en réacteur au laboratoire. Ce mélange est contaminé artificiellement par 10⁷ *Listeria* / g (poids sec). Les analyses effectuées dans les échantillons de déchets de nourriture montrent 3 cas de contamination sur 5 prélèvements dans le cas des déchets d'un restaurant, 2 sur 5 pour des déchets ménagers et 1 sur 3 pour les déchets d'une cafétéria scolaire. En début de compostage des déchets au laboratoire, à basse température (22°C), des *Listeria* sont retrouvées. Lorsque la température augmente (50°C), la détection directe des *Listeria* est négative. Mais si les échantillons sont placés dans un bouillon d'enrichissement avant la détection, les résultats deviennent positifs. Les auteurs concluent que si le compostage est bien mené les *Listeria* ne devraient pas être un problème sanitaire pour le compostage des déchets alimentaires. Ils recommandent cependant la plus grande prudence sur l'utilisation des méthodes de détection microbiologique alimentaire, qui conduisent à des faux négatifs lorsqu'elles sont utilisées dans un environnement tel que le compost (14).

Des boues digérées en anaérobiose et déshydratées sont étudiées lors d'un stockage de 24 et 60 semaines et suivies lors de deux essais d'amendement au taux de 10 tonnes/ha. Le compostage des boues est également testé sur un essai à petite échelle par compostage en réacteur. Les populations de *Giardia* diminuent lors des deux essais de stockage mais les parasites restent cependant détectables dans les boues en fin de stockage. Les parasites disparaissent après deux semaines lors des essais d'amendement, sauf une fois où ils sont détectés à huit semaines. Le compostage entraîne une diminution de la charge parasitaire des boues. Les *Giardia* restent cependant détectables après 20 jours de traitement. Les auteurs concluent que le stockage et même le compostage, ne sont pas les voies les plus saines d'hygiénisation des boues, sur le paramètre *Giardia*. L'amendement semble une bonne voie pour réduire la charge parasitaire. Cependant, l'essai mené n'a pas permis une montée en température conforme aux recommandations de l'EPA sur l'hygiénisation des boues. L'article est d'importance puisque les *Giardia* ne sont pas pris en compte dans les normes microbiologiques et que les auteurs confirment l'absence de corrélation entre les concentrations des *Giardia* et celles des indicateurs de contamination classiquement suivis (streptocoques, coliformes) (15).

Formation de PCDD/PCDF au cours du compostage des ordures ménagères (16)

Pour étudier les possibilités de formation des PCDD/PCDF lors du compostage, les auteurs ont procédé en laboratoire à l'analyse d'échantillons d'un compost fait d'un mélange à volume égal

d'ordures ménagères et de copeaux de bois. Les analyses ont été effectuées en GC/MS à haute résolution en début, en cours et à la fin des 11 semaines de compostage. Certains congénères se forment en quantité significatives, en particulier les hepta et octa-CDD. La teneur globale en PCDD a été multipliée par 5, les teneurs en TCDD et en PCDF par 1,5 seulement. S'ils sont confirmés ces résultats montrent que les dioxines peuvent se former au cours de processus naturels tels que la dégradation aérobie. Les auteurs ne discutent malheureusement pas les mécanismes et sources possibles, ni les implications sanitaires. Du fait de la diffusion du compostage en tant que filière de traitement des déchets, ces données méritent d'être prises en compte.

Bibliographie

- 1) DEPORTES I, BENOIT-GUYOD JL, ZMIROU D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Sci. total Environ.*, 1995, 172, 197-222 (182 références), LO : 1014, RUB : 1997-18-PROC-COM
- 2) LISK DJ, GUTENMANN WH, RUTZKE M, KUNTZ HT, CHU G. Survey of toxicants and nutrients in composted waste materials. *Arch. environ. Contam. Toxicol.*, 1992, 22, 190-194 (25 références), LO : 015, RUB : 1993-00-PROC-COM
- 3) SAWHNEY BL, BUGBEE GJ, STILWELL DE. Leachability of heavy metals from growth media containing source-separated municipal solid waste compost. *J. environ. Qual.*, 1994, 23, 718-722 (29 références), LO : 511, RUB : 1995-08-PROC-COM
- 4) GIGLIOTTI G, BUSINELLI D, GIUSQUANI PL. Trace metals uptake and distribution in corn plants grown on a 6-year urban waste compost amended soil. *Agric. Ecosystems Environ.*, 1996, 58, (2-3), 199-206 (6 références), LO : 1374, RUB : 1998-23-PROC-COM
- 5) PICHTEL J, ANDERSON M. Trace metal bioavailability in municipal solid waste and sewage sludge composts. *Bioresour. Technol.*, 1997, 60, 223-229 (33 références), LO : 1523, RUB : 1999-25-PROC-COM
- 6) STERRETT SB, CHANEY RL, GIFFORD CH, MIELKE HW. Influence of fertilizer and sewage sludge compost on yield and heavy metal accumulation by lettuce grown in urban soils. *Environ. Geochem. Health*, 1996, 18, 135-142 (62 références), LO : 1499, RUB : 1998-22-PROC-COM
- 7) ZEHNDER CM, DICOSTANZO A, THATE K, GILLAND, MURPHY MJ, HALBACH TR. Health and environmental implications of using composted household and yard waste bedding in a cattle feedlot. *J. Anim. Sci.*, 2000, 78, 495-503 (25 références), LO : 2062, RUB : 2001-32-PROC-COM
- 8) MANOS CG, PATEL-MANDLIK KJ, LISK DJ. Prevalence of asbestos in composted waste from 26 communities in the United States. *Arch. environ. Contam. Toxicol.*, 1992, 23, 266-269 (19 références), LO : 283, RUB : 1994-04-PROC-COM
- 9) HUGHES MS, STEELE TW. Occurrence and distribution of *Legionella* species in composted plant materials. *Appl. environ. Microbiol.*, 1994, 60, (6), 2003-2005 (10 références), LO : 655, RUB : 1997-18-PROC-COM
- 10) DROFFNER ML, BRINTON WF. Survival of *E. coli* and *Salmonella* populations in aerobic thermophilic composts as measured with DNA gene probes. *Zent.bl. Hyg. Umweltmed.*, 1995, 197, (5), 387-397 (36 références), LO : 946, RUB : 1996-15-PROC-COM
- 11) SOARES HM, CARDENAS B, WEIR D, SWITZENBAUM MS. Evaluating pathogen regrowth in biosolids compost. *Bicycle*, 1995, 36, (6), 70-76 (18 références), LO : 949, RUB : 1996-15-PROC-COM
- 12) GERBA CP, HUBER MS, NARANJO J, ROSE JB, BRADFORD S. Occurrence of enteric pathogens in composted domestic solid waste containing disposable diapers. *Waste Manage. Res.*, 1995, 13, (4), 315-324 (25 références), LO : 970, RUB : 1996-15-PROC-COM
- 13) DEPORTES I, BENOIT-GUYOD JL, ZMIROU D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Sci. total Environ.*, 1995, 172, 197-222 (182 références), LO : 1014, RUB : 1997-18-PROC-COM
- 14) DROFFNER ML, BRINTON WF. Occurrence and detection of viable *Listeria* in food scrap compost. *Zent.bl. Hyg. Umweltmed.*, 1996, 199, (1), 51-59 (20 références), LO : 1426, RUB : 1998-22-PROC-COM
- 15) HU CJ, GIBBS RA, MORT NR, HOFSTEDE HT, HO GE, UNKOVICH I. *Giardia* and its implications for sludge disposal. *Water Sci. Technol.*, 1996, 34, (7-8), 179-186 (20 références), LO : 1381, RUB : 1998-22-PROC-COM
- 16) KRAUSS T, KRAUSS P, HAGENMAIER H. Formation of PCDD/PCDF during composting? *Chemosphere*, 1994, 28, (1), 155-158 (8 références), LO : 576, RUB : 1994-07-PROC-COM



Brèves

Compostage. Epandage des boues de station d'épuration.

Deux articles de synthèse bibliographique, inclus dans la base du Réseau Santé-Déchets, présentent l'intérêt des techniques du compostage et de l'épandage des boues de STEP et leurs risques vis-à-vis de l'environnement. Les impacts sanitaires n'y sont pas beaucoup développés.

STRATTON ML, BARKER AV, RECHIGL JE. *Compost In: Soil amendments and environmental quality.* Rechiq J.E. (ed.), Lewis Publishers, Boca Raton, 1995, 7, 249-309 (499 références), LO : 1021, RUB : 1997-16-BREVES

HUE NV. *Sewage sludge In: Soil amendments and environmental quality.* Rechiq J.E. (ed.), Lewis Publishers, Boca Raton, 1995, 6, 199-247 (215 références), LO : 1029, RUB : 1997-16-BREVES

Experts ayant contribué à ce numéro : ASTA J., BEDELL J.P., DEPORTES I., KECK G., NEDELLEC V., RIVIERE J.L., ROBERT E.

Le Compteur d'ISD : Le nombre total d'articles répertoriés est : 2728 - Le nombre total d'articles expertisés est : 1040 - Numéro ISSN 1286-9422

La base de données constituée peut être interrogée à la demande. Un devis sera élaboré au cas par cas. Abonnements : Annuel (4 n°) : 45 € HT, étudiant : 22 € HT; au numéro : 18 € HT.