

Compostage des déchets et des boues : questions techniques posées par le cadre réglementaire

Bernard Morvan, Pascal Mallard,
Céline Druilhe et Anne-Marie Pourcher

Les opérateurs de compostage doivent se conformer au cadre réglementaire actuel, ce qui ne va pas sans poser diverses questions. Quatre d'entre elles sont abordées ici : la performance des usines de tri compostage ; la maîtrise des émissions gazeuses et des odeurs ; le niveau de maturité et de stabilité des composts ; les contraintes d'hygiénisation sur les composts.

Avant 2002, les seuls documents qui concernaient indirectement le compostage étaient le fascicule 85 du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux de 1983 relatif aux « installations de broyage des déchets ménagers », et la norme de 1981 sur les amendements organiques, incluant les composts urbains. Depuis, plusieurs textes ont été publiés (tableau 1), fixant à la fois des règles techniques de conception et d'exploitation des installations, et des spécifications visant à la « mise sur le marché » des composts.

Des usines performantes de tri-compostage des ordures ménagères

La nouvelle version de la norme NF U44-051 comporte un critère de teneur du compost en impuretés, exprimé en % sur matière sèche :

- films plastiques et polystyrène expansé $\varnothing > 5$ mm : 0,3 % ;
- autres plastiques $\varnothing > 5$ mm : 0,8 % ;
- verres et métaux $\varnothing > 2$ mm : 2,0 %.

Les seuils en métaux ont été renforcés également. Certaines usines de tri-compostage (en France, on peut citer l'exemple bien connu de Launay-Lantic) parviennent maintenant à cette qualité de compost à partir d'ordures ménagères résiduelles, en adaptant une conception et une gestion rigoureuse de l'installation et de la filière.

Un point important, outre la conception de l'installation pour laquelle des « recettes » existent maintenant, est le dimensionnement correct des équipements. Sur la base de son savoir-faire acquis dans ce domaine, le Cemagref élabore actuellement un logiciel, CompoWaste, qui permettra de simuler le fonctionnement d'usines de tri-compostage pour différentes configurations de l'installation.

Une autre voie est la stabilisation des ordures ménagères résiduelles avant stockage. En France, contrairement à l'Allemagne, il n'existe cependant pas de niveau de stabilisation fixé réglementairement.

Une valorisation matière d'une partie des refus sera recherchée comme dans le premier cas pour les ferrailles et les combustibles. Le traitement des refus combustibles de tri-compostage fait l'objet de recherches : comportement en installation de stockage avec peu de méthane produit, ou bien production de combustibles dérivés de déchets à haut pouvoir calorifique.

En termes de perspectives, une évolution de la conception des usines est inévitable en fonction de la problématique des odeurs telle que prise en compte dans le dernier arrêté « compostage » (2008).

La valorisation énergétique par méthanisation des déchets ménagers est à considérer comme un procédé nouveau et d'une fiabilité technique encore douteuse.

Les contacts

Cemagref, UR GERE,
Gestion environnementale et traitement biologique des déchets,
17 avenue de Cucillé,
CS 64427, 35044
Rennes Cedex

▼ Tableau 1 – Les principales normes et textes applicables au compostage des boues et des déchets.

Référence	Contenu
Norme NF U44-095, de 2002, sur les composts contenant des matières d'intérêt agronomique issues du traitement des eaux, mise en application par arrêté du 18 mars 2004.	Très semblable à la norme NF U44-051, elle s'applique spécifiquement aux composts de boues et définit par exemple une qualité minimale des boues traitées.
Norme NF U44-051, de 2006, sur les amendements organiques, mise en application par l'arrêté du 21 août 2007.	Fixe des critères d'innocuité et de qualité des composts : teneur en éléments-traces métalliques, en micro-organismes pathogènes, en impuretés (fragments de plastique, verre, métaux), en composés-traces organiques, paramètres agronomiques classiques et caractérisation de la matière organique (indice de stabilité, potentiel de minéralisation). Onze types d'amendements organiques sont définis, allant du fumier au compost de champignonnière avec, pour chacun, des seuils minimaux en matière organique. La norme sera applicable au 1 ^{er} mars 2009.
Arrêté du 7 janvier 2002 définissant des prescriptions générales applicables aux installations de compostage soumises à déclaration (rubrique 2170, moins de 10 t/j de compost produit).	Différentes préconisations portant sur l'implantation et la conception de l'installation, les matières admissibles, la gestion par lot et le suivi du compostage. Limites quantifiées pour les émissions d'odeurs, en flux émis pour les sources canalisées, ou en concentration ambiante pour les sources diffuses (andains).
Arrêté du 22 avril 2008 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage ou de stabilisation biologique aérobie soumises à autorisation.	Sensiblement identique à l'arrêté de 2002, à quelques spécificités près comme l'obligation de pesée des matières à composter admises sur le site, ou les conditions de traitement des sous-produits animaux. Il est surtout nettement plus élaboré sur le chapitre des émissions gazeuses et des odeurs, imposant notamment une étude d'impact olfactif préalable pour les installations émettant plus de vingt millions d'unités d'odeur par heure.

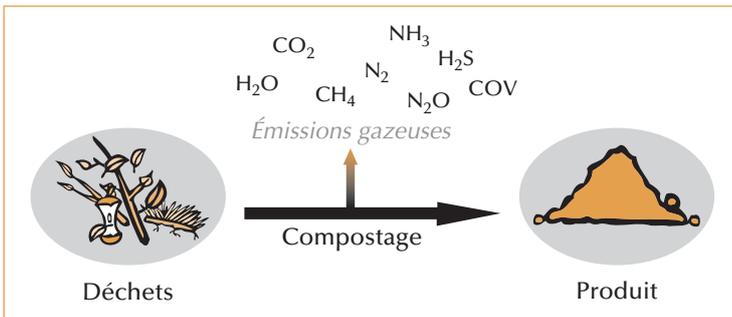
La difficile maîtrise des émissions gazeuses et des odeurs

Les émissions gazeuses sont issues naturellement de la transformation biologique des déchets, la matière organique biodégradée se retrouvant essentiellement sous forme de gaz, notamment de dioxyde de carbone (figure 1). Certains des composés gazeux émis sont sources potentielles d'impacts environnementaux : odeurs, effet de

serre, retombées azotées... Lorsque le produit en compostage est mal aéré, les processus anaérobies en résultant sont à l'origine globalement d'odeurs plus marquées et désagréables et d'émissions de gaz à effet de serre (méthane).

La génération, la dispersion, la perception des odeurs en provenance d'un site de compostage sont autant de phénomènes complexes. De nombreux gaz simples (ammoniac, sulfure d'hydrogène) ou composés organiques volatiles (cétones, acides carboxyliques, terpènes, soufrés, amines...) contribuent à la formation des odeurs. Les principaux gaz responsables d'odeurs au voisinage immédiat de la source (comme l'ammoniac), ne seront pas les mêmes que ceux, plus persistants (avec la dilution), perçus à une certaine distance.

La concentration d'odeur (qui ne tient pas compte de son caractère désagréable ou non) se mesure par olfactométrie, selon la norme NF EN 13725. Elle s'exprime en unités d'odeurs par mètre cube (uo_e/m^3), et correspond au nombre de dilutions nécessaires de l'échantillon gazeux pour que l'odeur ne soit plus perceptible par 50 % des

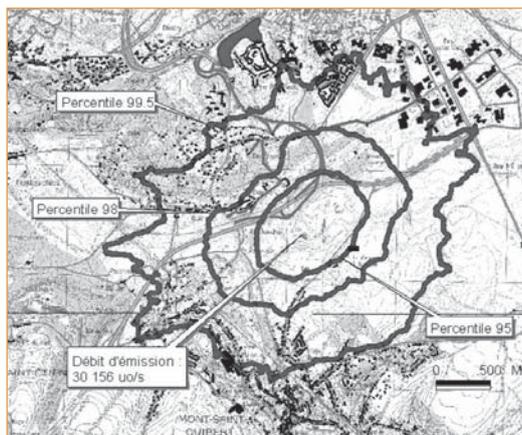


▲ Figure 1 – Les émissions gazeuses en compostage sont indissociables de la biodégradation des déchets.

personnes (souvent six) constituant le panel d'analyse. La méthode est relativement lourde et coûteuse. Le débit d'odeur associé à un flux gazeux est défini comme le produit du débit de gaz par la concentration d'odeur. Le seuil de reconnaissance de l'odeur est supérieur à son seuil de détection.

Une autre difficulté de la mesure des odeurs émises par une installation tient aux sources diffuses, comme la surface des andains, voire les opérations de manipulation (mélange, criblage, retournement) du produit. Il est malaisé d'obtenir une mesure représentative des émissions gazeuses pour ce type de sources, d'autant que ces émissions varient suivant l'emplacement et dans le temps.

Connaissant le débit d'odeur global émis par l'installation et les conditions météorologiques environnantes, il est possible d'en déduire la fréquence d'exposition aux odeurs (au-dessus d'une concentration d'odeur donnée, par exemple $5 \text{ uo}_e/\text{m}^3$) dans le voisinage de la source à l'aide de logiciels de dispersion atmosphérique (figure 2).



▲ Figure 2 – Carte d'exposition olfactive (percentiles de perception des odeurs), obtenue à l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique.

En pratique, une diminution importante des odeurs émises peut être obtenue en soignant les conditions d'exploitation : qualité du mélange (boues) afin d'obtenir un produit homogène et bien structuré, retournements suffisamment fréquents ou dispositif d'aération forcée performant, choix des périodes de manutention des produits

en fonction de l'orientation du vent par rapport aux habitations voisines. Au-delà, restera la possibilité de traiter les gaz émis, par exemple à l'aide d'une tour de lavage (pour l'ammoniac) suivie d'un biofiltre. Cela supposera généralement de confiner l'installation. Le dispositif d'épuration des gaz sera efficace s'il est bien conçu et correctement géré.

La maturité et la stabilité des composts

La stabilité ou maturité des composts constitue un critère de qualité essentiel à la valorisation de ces derniers, tant pour assurer leur innocuité que leur valeur agronomique. La stabilité peut être décrite plus spécifiquement comme le ralentissement de l'activité biologique au sein du déchet.

La notion de maturité est, quant à elle, généralement associée à l'impact agronomique du compost sur la plante. La maturité est liée à la composition en matières humiques du compost, à son caractère éventuellement phytotoxique, mais aussi à la capacité du compost à immobiliser l'azote dans le sol, c'est-à-dire à sa composition en matière organique biodégradable.

Les notions de maturité et de stabilité sont donc étroitement liées. Dans ce contexte, l'évaluation du niveau de « stabilisation biologique » atteint par un produit en cours ou à l'issue de son traitement par compostage est importante pour l'appréciation du bon déroulement du traitement, son optimisation éventuelle et la caractérisation de la qualité des composts.

Parmi les méthodes potentielles de quantification de la stabilité biologique des produits, les méthodes respirométriques consistant à mesurer la production de dioxyde de carbone et/ou la consommation d'oxygène engendrées par la dégradation aérobie de la matière organique présentent l'avantage d'être directement corrélées à l'activité microbologique et sont donc communément considérées comme les plus adaptées en vue de la détermination de la stabilité. Les principales méthodes respirométriques existantes sont présentées dans le tableau 2.

Les méthodes précédentes diffèrent les unes des autres par le conditionnement du milieu sur lequel est effectuée la mesure, par la quantité de matrice étudiée (de quelques grammes à plusieurs dizaines de kilos) et par le contrôle des conditions opératoires telles que l'aération (méthodes

▼ Tableau 2 – Principales méthodes respirométriques d'évaluation de la stabilité biologique.

Méthode	Préparation du matériau étudié	Volume réactionnel	Conditions d'aération	Régulation de la température en cours de mesure	Régulation de l'humidité en cours de mesure
Méthode développée par Germon C. et Nicolardot B.	Milieu solide avec ajustement % H	5 l	Statique	Oui	Non
AT4 et AT7, méthode développée par Binner E. et Zach A.	Milieu solide avec criblage et ajustement % H	500 ml	Statique	Oui	Non
SRI, méthode développée par Adani F.	Milieu solide avec ajustement % H	124 l	Statique	Non (adiabatique)	Non
Méthode développée par lanotti-Frost D.	Milieu solide avec criblage et ajustement % H	500 ml	Statique	Oui	Non
SOUR, méthode développée par Lasaridi K.-E. et Stentiford E.-I.	Milieu liquide avec broyage et mise en suspension aqueuse	500 ml eau + 3-8 g humide d'échantillon	Statique	Oui	Oui (suspension aqueuse)
DRI, méthode développée par Adani F.	Milieu solide avec ajustement % H	20-124 l	Dynamique	Non (adiabatique)	Non
Méthode développée par Trémier A. et Berthe L.	Milieu solide avec ajustement % H	10 l	Dynamique	Oui	Oui

statiques ou dynamiques selon l'absence ou la présence d'une aération continue), la température ou l'humidité.

Certains auteurs proposent des seuils de « stabilité » (seuil AT4 de $10 \text{ mgO}_2/\text{gMS}_{\text{init}}$, seuil DRI de $1\,000 \text{ mgO}_2/\text{kgMO}_{\text{init}}/\text{h}...$), mais ces derniers ne font pas l'unanimité dans la communauté scientifique en raison de leur définition fréquente sur des substrats précis et de l'absence de liens avérés avec des comportements agronomiques.

Une standardisation des méthodes respirométriques et des recherches quant à la maîtrise des facteurs influençant les résultats restent donc nécessaires.

Le Cemagref est pleinement impliqué dans ce cadre *via* des recherches menées ces dernières années sur les méthodes respirométriques (photo 1) et sur leurs usages dans la détermination de la biodégradabilité/stabilité des déchets organiques solides en amont (formulation des produits), en cours (optimisation du procédé) et en aval (qualification du compost) de traitement par compostage.



▲ Photo 1 – Cellule respirométrique en inox de 10 l en cours de fonctionnement, dans son bain thermostaté.

Les contraintes d'hygiénisation sur les composts

Germes d'intérêt sanitaire

Les normes NF U44-051 et NF U44-095 introduisent des critères d'innocuité visant à limiter le risque sanitaire des produits issus du compostage. Les matières premières destinées à être compostées sont en effet susceptibles de contenir des micro-organismes pathogènes tels que des virus, des bactéries et des parasites. Étant donné la diversité de ces micro-organismes, seul un nombre limité de germes (appelés « germes d'intérêt sanitaire ») a été retenu par la réglementation. Celle-ci différencie, d'une part les agents pathogènes représentés par les salmonelles, *Listeria monocytogenes* et les œufs d'helminthes, d'autre part les indicateurs de traitement (*Escherichia coli*, les entérocoques et *Clostridium perfringens*). Ces derniers, spécifiques de la flore intestinale et facilement dénombrables présentent un comportement proche de celui des germes pathogènes au cours du compostage.

Valeurs limites fixées par la réglementation

L'efficacité d'hygiénisation des procédés de compostage peut être évaluée par le dénombrement des germes indicateurs ou par la recherche des germes pathogènes (tableau 3).

Ainsi, la norme NF U44-051 exige la recherche des œufs d'helminthes et des salmonelles, mais ne cite qu'à titre indicatif les indicateurs de traitement.

La norme NF U44-095 fixe des valeurs limites sur l'ensemble des germes d'intérêt sanitaires.

Facteur intervenant sur l'hygiénisation

Bien que de nombreux paramètres interviennent dans la survie des germes au cours du compostage (compétition entre micro-organismes, rapport C/N, taux d'humidité), l'augmentation de la température joue un rôle primordial dans l'hygiénisation.

Toutefois, la température optimale d'inhibition des agents pathogènes reste encore approximative dans la mesure où elle dépend de plusieurs facteurs : durée du maintien de la température, procédé appliqué, conduite retenue pour composter les déchets (aération forcée ou naturelle, nombre de retournements), homogénéité de la température au sein du tas de compost...

À titre d'exemple, la réglementation européenne préconise les conditions optimales de conduite de compostage (tableau 4).

▼ Tableau 4 – Conditions optimales de gestion du compostage du point de vue de l'hygiénisation.

Type de procédé	Température	Durée de traitement	Nombre de retournements
Compostage en andain	≥ 55 °C	2 semaines	5
Compostage en andain	≥ 65 °C	1 semaine	2
Compostage en système fermé	≥ 60 °C	1 semaine	Pas de consigne

Micro-organisme	Norme NF U44-051		Norme NF U44-095	
	Toutes cultures	Cultures maraîchères	Toutes cultures	Cultures maraîchères
Agents indicateurs de traitement				
<i>E. coli</i>	10 ² /g*	10 ² /g*	10 ⁴ /g	10 ³ /g
Entérocoques	10 ⁴ /g*	10 ⁴ /g*	10 ⁵ /g	10 ⁵ /g
<i>C. perfringens</i>	–	–	10 ³ /g	10 ² /g
Agents pathogènes				
<i>Salmonella</i>	abs/1 g	abs/25 g	abs/1 g	abs/25 g
<i>Listeria monocytogenes</i>	–	–	abs/1 g	abs/25 g
Œufs d'helminthes viables	abs/1,5 g	abs/1,5 g	abs/1 g	abs/25 g

◀ Tableau 3 – Valeurs limites en micro-organismes d'intérêt sanitaire dans les amendements organiques (sur produit brut).

* Valeurs informatives conçues pour aider les producteurs à évaluer l'efficacité d'hygiénisation du procédé de compostage.

Les valeurs proposées sont susceptibles d'évoluer mais permettent déjà de prévenir tout risque potentiel de contamination par des produits issus du compostage, à condition de tenir compte de l'hétérogénéité des températures au sein du compost. □

Bibliographie

MALLARD, P., GABRIELLE, B., VIAL, E., ROGEAU, D., VIGNOLES, M., SABLAYROLLES, C., LE CORFF, V. *et al.*, 2005, *Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets. Bilan des connaissances*, ADEME/Cemagref-INRA-Ecobilan-ENSIACET-CReeD-Anjou Recherche-Orval, 692 p. (dont 48 pages sur les émissions gazeuses du compostage).

MOGUEDET, G., *et al.*, *Utilisation agricole de boues de station d'épuration traitant moins de 2000 équivalents habitants : étude de filières de valorisation, projet interrégional Pays de Loire-Bretagne*, rapport consultable sur demande auprès de anne-marie.pourcher@cemagref.fr

TRÉMIER, A., DE GUARDIA, A., 2007, Méthodes d'estimation de la stabilité et de la maturité des composts : état de l'art, *Techniques, Sciences et Méthodes*, article sous presse.

Compte rendu du groupe de travail « Traitements biologiques » organisé par l'ASTEE conjointement avec le Cemagref sur le thème « Impacts sanitaires et environnementaux du compostage », http://www.astee.org/agenda/compte_rendu/accueil.php

Ce dossier est extrait de la documentation scientifique et technique des Rencontres interrégionales organisées en 2007-2008 par le Cemagref, à l'intention des services déconcentrés des ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, ainsi qu'aux enseignants des établissements publics agricoles.