

Impact du compostage et de la méthanisation sur les pathogènes et l'antibiorésistance

Anne-Marie Pourcher ^{1,2} et Céline Druilhe ^{1,2}

¹ Irstea, UR OPAALE, 17 avenue de Cucillé, 35044 Rennes Cedex ; ²Univ Rennes

Mots clefs : pathogènes; gènes de résistance aux antibiotiques, compostage, méthanisation

Le compostage et la méthanisation représentent des filières de traitement intéressantes dans la mesure où elles permettent une valorisation agronomique et /ou énergétique des effluents et déchets organiques. Toutefois, garantir l'innocuité des composts et des digestats lors de leur retour au sol constitue un enjeu sanitaire majeur. En effet, parmi les substrats transformés par ces filières, certains, à l'exemple des boues de stations d'épuration et des effluents d'élevage, peuvent contenir des micro-organismes pathogènes d'origine intestinale (virus, bactéries, parasites). Par ailleurs, quel que soit l'hôte (animal ou Homme), l'administration d'antibiotiques conduit à une sélection de bactéries intestinales résistantes, capables de survivre dans les effluents. Il est donc important d'estimer l'impact de ces deux filières sur les agents pathogènes et les bactéries résistantes aux antibiotiques.

En raison de la diversité des agents pathogènes et de leur faible concentration, leur comportement est souvent estimé par le suivi de bactéries indicatrices d'efficacité de traitement (encore appelées indicateurs de traitement). Celles-ci permettent d'évaluer le potentiel hygiénisant des procédés de traitement ainsi que le niveau de contamination du produit obtenu (compost ou digestat). Plusieurs groupes ou espèces bactériennes ont été retenus à l'exemple des coliformes fécaux, de *Escherichia coli*, des entérocoques intestinaux et de *Clostridium perfringens* (bactérie capable de sporuler et donc dotée d'une capacité de survie supérieure à celles des indicateurs précédemment cités).

1. Impact du compostage et de la méthanisation sur les micro-organismes pathogènes et les indicateurs de traitement

Le principal facteur impactant la disparition des agents pathogènes lors du compostage est l'augmentation de température, celle-ci pouvant dépasser 60°C au cours de la phase active du process. D'autres facteurs tels que la nature des agents structurants, la compétition entre micro-organismes, le rapport C/N et le taux d'humidité peuvent également influencer la survie des agents pathogènes [1, 2, 3, 4]. La température optimale d'inhibition des agents pathogènes dépend essentiellement de la durée de maintien de la température, du procédé appliqué et particulièrement de la stratégie d'aération retenue (aération forcée ou naturelle, nombre de retournements). Il est observé au cours du compostage une diminution significative des virus, des œufs d'helminthes, des coliformes fécaux, des entérocoques et des salmonelles [5]. Toutefois, le taux de réduction dépend du type de micro-organisme (Tableau 1).

Tableau 1. Impact du compostage et de la méthanisation sur différents micro-organismes [5]

Micro-organisme	Abattement en Log ₁₀ (moyenne ou valeurs minimales et maximales) ^a		
	Compostage	Méthanisation mésophile	Méthanisation thermophile
<i>E. coli</i>	1,8 - 6,2	1 - 3	>4
<i>Clostridium perfringens</i>	2,3	0-1	0-0,6
<i>Salmonella sp.</i>	>1,5	0,2 - 3,7	nd
<i>Listeria monocytogenes</i>	> 1,5 - 3,1	2,2	nd
<i>Campylobacter jejuni</i>	5,7	0	nd
Entérovirus	>3	1 - 2,6	7
<i>Ascaris suum</i>	nd ^b	0	≥ 2

^aUn abattement de 1 en unité Log₁₀ signifie que le microorganisme est 10 fois moins présent, 100 fois moins pour un abattement de 2, 1000 fois moins pour 3....

^b absence de données

La plupart des agents pathogènes, notamment les formes végétatives des bactéries, sont inactivés par le compostage lorsque la température est maintenue égale ou supérieure à 55°C pendant au moins trois

jours. En revanche, les micro-organismes résistants tels que *C. perfringens*, les kystes de protozoaires et les œufs helminthes peuvent survivre et se retrouver dans le compost mature.

La méthanisation est conduite essentiellement dans deux gammes de températures : mésophile (35-40°C) et thermophile (50-56°C). Les principaux facteurs influençant la survie des pathogènes sont la température, le temps de séjour dans le méthaniseur, les interactions microbiennes (compétition, antagonismes bactériens), la composition de l'effluent d'entrée, le pH et les teneurs en acides gras volatiles [5]. Il est observé une réduction moins marquée des formes végétatives des bactéries et des virus au cours de la méthanisation mésophile, comparée à la méthanisation thermophile (Tableau 1).

2. Impact du compostage et de la méthanisation sur les gènes de résistance aux antibiotiques et les bactéries résistantes

Malgré la montée en température, des bactéries résistantes sont retrouvées dans les composts et certaines d'entre-elles peuvent être multirésistantes à l'exemple de *Pseudomonas aeruginosa*, de *E. coli*, d'entérocoques et de staphylocoques [6, 7, 8]. Le compostage réduit les teneurs en bactéries résistantes mais avec des abattements variables compris entre 1 et 7 Log₁₀. Cette variabilité s'explique notamment par le type de substrat et la durée de compostage. De plus, les abattements sont plus faibles en surface qu'au cœur des andains, ce qui s'explique par la température plus basse des zones périphériques des tas et donc plus propice à la survie des bactéries résistantes d'origine entérique. Même si leurs concentrations diminuent au cours du temps, les gènes de résistance persistent lors du compostage [8, 9, 10]. Les données de la littérature montrent que les cinétiques diffèrent d'un gène à l'autre mais également pour un même gène dans différents composts. Il ressort néanmoins que les diminutions sont plus rapides pendant la phase thermophile du procédé, confirmant le rôle primordial de la température sur l'élimination de certains gènes de résistance.

Il existe très peu de données sur l'impact de la méthanisation sur l'antibiorésistance et celles-ci ont été obtenues à partir de pilotes de laboratoire. Il apparaît que les températures mésophiles conduisent à un abattement moindre des bactéries résistantes que les températures thermophiles. Le faible impact de la méthanisation mésophile observé à l'échelle du laboratoire a été confirmé par les résultats d'une étude de terrain réalisée en Allemagne sur les intrants et les digestats de 8 sites de méthanisation mésophile alimentés par des effluents d'élevage [11]. Sur les 5 gènes de résistance analysés, tous, à l'exception d'un gène dont la teneur relative était plus élevée dans le digestat que dans l'intrant, présentaient des abondances relatives plus faibles dans les digestats mais l'abattement, de l'ordre d'1 Log₁₀, était relativement peu marqué.

En conclusion, le compostage, grâce à l'augmentation de température en phase active, réduit les concentrations de la plupart des bactéries pathogènes d'origine intestinale. La méthanisation mésophile a peu d'impact sur les indicateurs de traitement et ne permet pas d'éliminer les pathogènes alors que la méthanisation thermophile est plus efficace sur les virus et les formes végétatives des bactéries pathogènes, sans pour autant éliminer les spores bactériennes et les kystes des parasites. La méthanisation mésophile apparaît également moins efficace que le compostage pour éliminer les bactéries résistantes et les gènes de résistance. Les traitements biologiques générant une température thermophile, s'ils n'éliminent pas les bactéries résistantes et les gènes de résistance, permettent cependant de limiter le risque de dissémination de l'antibiorésistance.

Références

- 1 Cekmecelioglu, D. *et al.* 2005. *Biosystems Engineering*, 91, 479-486.
- 2 Erickson, M. C. *et al.* 2009. *Bioresource Technology*, 100, 5898-5903.
- 3 Mc Carthy, G. *et al.* 2011. *Bioresource Technology*, 102, 9059-9067.
- 4 Paniel, N. *et al.* 2010. *Journal of Applied Microbiology*, 108, 1797-1809.
- 5 Houot, S. *et al.* 2014. *Expertise scientifique Collective. Rapport. INRA-CNRS-Irstea* 930 p.
- 6 Graham, J. P. *et al.* 2009. *Environmental Research*, 109, 682-689.
- 7 Heringa, S. *et al.* 2010. *Foodborne Pathogens and Disease*, 7, 1297-1304.
- 8 Le Devendec, L. *et al.* 2016. *Veterinary Microbiology*, 194, 98-106.
- 9 Wang, L. L. *et al.* 2012. *Microbial Ecology*, 63, 32-40.
- 10 Xu, S. W. *et al.* 2016. *Journal of Environmental Quality*, 45, 528-536.
- 11 Wolters, B. *et al.* 2016. *Fems Microbiology Ecology*, 92.