

COMPOSTAGE ET ENVIRONNEMENT

Par Jos phine Peign (ECOCERT/INRA de Colmar) et Philippe Girardin (INRA de Colmar)

Le compostage pr sente de nombreux avantages agronomiques et environnementaux : un produit sans odeur, facilement transportable et pandable. La mont e en temp rature lors du compostage hygi nise le compost, les mauvaises herbes et les pathog nes sont d truits. Certaines tudes montrent que le compostage d grade des pesticides lors du processus et une fois pandu sur le sol. Cette technique ne pr senterait-elle donc que des avantages ? Il semblerait que non. En effet, le compostage entra ne des pertes d' l ments qui peuvent poser des probl mes environnementaux. Cependant, il est possible de limiter fortement ces pertes par certaines techniques de compostage.



Le compostage est un processus de transformation de mati re organique fra che en une substance organique humifi e, plus stable, appel e "compost". La transformation est due l'ac tion simultan e de r actions biologiques, chimiques et physiques. Elle n cessite de l'oxyg ne et de l'eau, deux conditions de vie limitante des principaux agents responsables de la production du compost : les micro-organismes. L'ensemble de ce processus est illustr par la figure n°1.

De nombreux micro-organismes sont impliqu s dans la transformation de la mati re organique. Tous ne sont pas connus, mais il est possible de distin-

guer des groupes de micro-organismes selon les diff rentes phases du compostage :

- ils se d veloppent dans des gammes de temp ratures allant de 10 45 °C et commencent d grader les sucres, acides amin s etc.,
- les micro-organismes thermophiles prennent le relais en raison de l'augmentation de temp rature ; ils sont responsables de la majorit de la d gradation de la mati re organique et se d veloppent dans des gammes de temp rature sup rieure 50 °C,
- les micro-organismes m sophiles plus sp cifiques interviennent lors de la phase de refroidissement et maturation du compostage ; ils vont continuer d grader des mati res organiques plus stables comme la lignine.

Cette succession d'activit s des diff rents micro-organismes va ainsi assurer deux grandes r actions du compostage : la min ralisation des mati res organiques fra ches et l'humification produisant le compost, mati re plus stable. Les diff rentes r actions chimiques associ es vont tre responsables de la formation d' l ments min raux, d'eau vapor e, de CO₂ et de nombreux gaz mis lors du compostage.

L'ensemble de ces r actions va introduire des changements physiques de la mati re de d part. Le produit sera plus sec en raison des pertes d'eau, le volume du tas sera r duit en raison des pertes de mati res.

Les impacts du compostage sur l'air

L'ensemble des processus biochimiques du compostage va entra ner la formation de nombreux gaz, pr sentant des impacts sur l'air de diff rentes natures :

- les gaz effet de serre, mis en cause dans le ph nom ne de changement climatique,
- les gaz dits de red position : suite leur mission ils vont se red poser dans le milieu naturel et l'enrichir, ils peuvent tre responsables de probl -me d'eutrophisation de milieux aquatiques,
- les gaz malodorants et toxiques, ces gaz posant essentiellement des probl mes de sant pour l'homme.

Les gaz effet de serre

Le dioxyde de carbone (CO₂), gaz responsable de 60 % de l'augmentation de l'effet de serre ces derni res ann es, est le principal gaz mis lors du compostage. Cependant en terme d' missions l' chelle du globe, l'agriculture travers les changements d'affectation des terres et les pratiques culturales ne repr sente que 30 % environ des missions. L'agriculture joue la fois le r le de puits et de source dans l' mission de ce gaz via le d stockage du carbone du sol ou inversement sa s questration. Or il semble que le compostage, compar des mati res non trait es ou ferment es sans oxyg ne, augmente la stabilisation du carbone une fois pandu dans le sol. Le traitement des

matières organiques met des quantités négligeables d'un point de vue global. De plus, lors du compostage, le CO₂ provient de la dégradation de la matière organique fraîche. Son émission est difficilement contrôlable. Pour stopper son émission il faudrait tout simplement empêcher le processus de dégradation de la matière organique, donc ne pas composter !

Le méthane (CH₄), responsable de 15 % de l'augmentation de l'effet de serre, est émis lors de la phase de montée en température. Ce gaz est 20 fois plus puissant que le CO₂ par rapport son action sur l'effet de serre, son émission doit donc être contrôlée à un maximum. La formation du méthane lors du compostage est due à l'action de bactéries thermophiles appelées méthanogènes. Ces bactéries ont besoin de fortes températures pour se développer et de conditions anoxiques, c'est-à-dire des conditions d'oxygénation nulles. Tout compostage qui s'effectue dans de mauvaises conditions d'aération va produire et émettre du méthane.

Le protoxyde d'azote (N₂O), gaz responsable de 5 % de l'augmentation de l'effet de serre, peut être mis au débat et surtout à la fin du compostage. Ce gaz est formé suite à deux réactions : la nitrification et la dénitrification. La nitrification, transformation de l'azote ammoniacale en nitrate, se déroule en condition de température moyenne (< 45°C) donc au début ou lors de la phase de maturation du compostage. Elle nécessite des conditions aérées, c'est-à-dire de bonnes conditions d'aération du tas de compost. Inversement, la dénitrification est une réaction qui transforme les nitrates en N₂. Du N₂O est produit si la réaction n'est pas totale. Elle nécessite des conditions anoxiques, comme pour le CH₄. Lors du compostage, les conditions d'aération à l'intérieur du tas peuvent varier, le N₂O sera alors produit en raison de la présence des deux types de réactions.

Les gaz dits de red position

Le principal gaz émis de ce type est l'ammoniac (NH₃). Ce gaz, d'origine agricole à 95 %, va se redresser aux

alentours de sa source d'émission et enrichir le sol et les milieux aquatiques en azote. De plus, il joue un rôle dans les mécanismes des pluies acides. Lors du compostage, plus de 50 % de l'azote présent au début peut être mis sous forme d'ammoniac. Son émission est due à deux facteurs :

- la production de NH₄⁺ suite à la dégradation de la matière organique (réaction d'ammonification) et de l'urée (ou acide urique pour les volailles),
- la présence de fortes températures et d'un pH basique, conditions favorables à la volatilisation du NH₄⁺ sous forme de NH₃.

Ce gaz sera émis lors de la phase de montée en température et après chaque retournement.

Les oxydes d'azote (NO_x), autres que le N₂O, sont aussi des gaz responsables de pluies acides (et destructeur de la couche d'ozone). Ils sont produits lors du compostage, mais le détail de leur formation est moins connu et surtout les quantités émises sont négligeables.

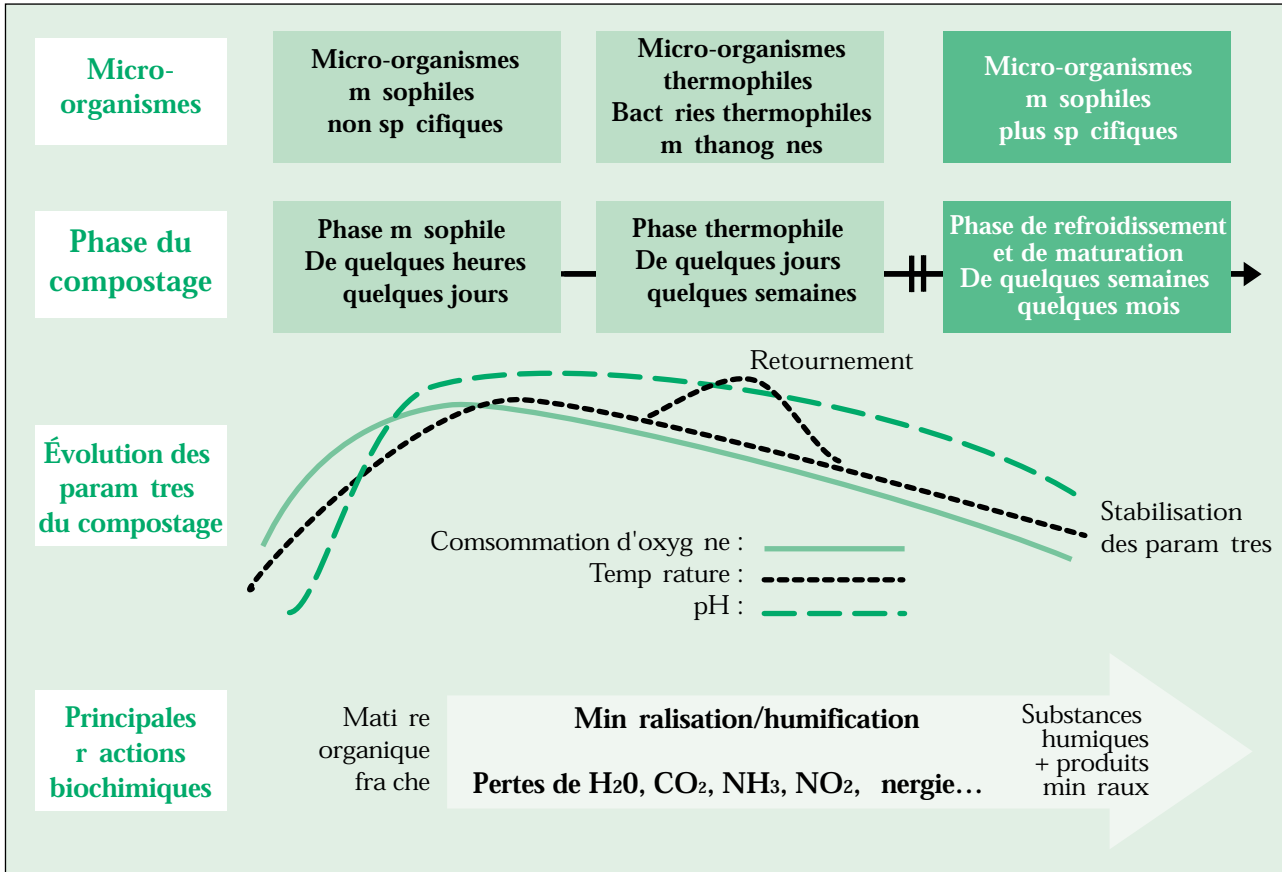


Figure n°1 : le processus de compostage

Les gaz toxiques

À travers cette appellation de gaz toxiques, ce sont les composés organiques volatiles (COV) qui sont impliqués. Leur mission dépend du degré d'activité biologique, des conditions d'aération et donc de température. Ces gaz sont le plus souvent problématiques dans les grandes stations de compostage, où leur concentration en proximité des tas peut être dangereuse pour l'homme.

Les impacts du compostage sur l'eau

Contrairement aux idées reçues, le compostage est moins nocif pour l'eau que pour l'air. Les éléments perdus par ruissellement ou lessivage sont, le plus souvent, négligeables vis-à-vis des pertes par voie gazeuse.

Le ruissellement

Lors de fortes précipitations, l'eau peut ruisseler sur le tas de compost et se charger en éléments (nitrate, phosphore, etc.). Seuls les tas en proximité immédiate de sources d'eau seront source de pollution. Or, la réglementation française (réglement sanitaire et installation classée) fixe des distances de sécurité bien précises quant à l'emplacement des tas d'effluents orga-

niques.

Le principal problème du ruissellement est plus technique qu'environnemental, des flaques d'eau aux abords des tas représentent des obstacles à la manipulation du compost.

Le lessivage

Le lessivage a deux origines lors du compostage : les eaux de pluies qui percolent dans le tas et l'eau formée lors du compostage. Tout comme le ruissellement, les eaux de lessivage sont généralement faiblement chargées en éléments polluants. Le principal problème est lié à l'accumulation d'éléments sous le tas de compost si celui-ci est maintenu à la même place tous les ans. Les teneurs en **azote** plus ou moins élevées des différents matériaux joueront aussi. Ainsi, un fumier de volaille, riche en azote, peut présenter un risque s'il est lessivé lors du compostage. Cependant, la réglementation prend en compte ces problèmes, en recommandant de changer de place le tas de compost tous les ans.

Le potassium est l'élément le plus lessivé pendant le compostage. Bien qu'il ne soit pas considéré comme un polluant, la perte de potentiel de fertilisation peut poser problème. Les coulements doivent donc être contrôlés.

Les bonnes pratiques

Les différents impacts environnementaux du compostage peuvent être contrôlés en tenant compte des pratiques qui vont influencer les facteurs de pollution.

Le choix du matériel composter

Le produit brut à composter, qu'il soit d'origine animale ou végétale, va jouer un rôle prépondérant pour le contrôle des émissions de polluants. Différents aspects sont à prendre en compte :

- les teneurs en azote facilement disponibles et les teneurs en carbone facilement dégradables,
- l'humidité du produit brut,
- l'utilisation et le choix d'agents structurants.

Le premier point va jouer sur les pertes d'azote lors du compostage, principalement sous forme de NH_3 . Plus il y aura d'azote dans le produit brut, plus de NH_4^+ sera produit. Si les composés carbonés ne sont pas facilement dégradables (lignine), alors le NH_4^+ ne sera pas immo-

bilis rapidement par les micro-organismes et sera potentiellement volatilisable. **Ainsi, si le matériel de départ est riche en azote (fumier de volailles), il est recommandé d'ajouter des matériaux carbonés dont le carbone est facilement dégradable (pailles).** L'ajout de matériaux carbonés contenant beaucoup de lignine est moins efficace, toutefois ajouter du carbone est toujours bénéfique dans ces cas-là. Une façon simple de prendre en compte ces variables est de contrôler le rapport C/N du produit brut.

Les deux derniers aspects vont jouer sur l'aération lors du compostage. En effet, dès le début, si le produit à composter est bien structuré, les conditions d'aération seront bonnes et la montée en température s'effectuera bien. **Plus le tas est aéré, moins il y a de risque d'émissions de méthane.** Cependant, **une trop forte montée en température va provoquer des risques d'émissions accrues d'ammoniac.** Les conditions d'émission de ces deux gaz sont antagonistes. Une solution technique à ce problème est de **jouer sur le rapport C/N pour contrôler le dégagement de NH_3 et bien aérer le tas pour le méthane.**

Enfin, un tas trop humide n'absorbera pas de fortes pluies, augmentant ainsi les risques de lessivages.

La mise en place du tas

La forme et la taille du tas de compost peuvent influencer les conditions d'émission des gaz. Un andain d'une hauteur d'1,5 m et de forme trapézoïdale représente la structure la plus appropriée.

La localisation et les aménagements du tas de compost sont très importants pour contrôler les coulements d'eau. Les systèmes de récupération des jus préviennent tout risque de pertes. Cependant, tant donnés les faibles risques de pollution engendrés, aménager de coûteuses aires de compostage ne semble pas toujours justifié.

Le traitement

Lors du compostage, le tas de compost va être retourné plusieurs fois. Cette technique assure un maintien ou une reprise de la montée en température. Généralement, le retournement du compost est effectué dans l'optique d'aérer le tas. Dans la pratique, il faut savoir que l'apport d'oxygène est de courte durée (quelques heures) ; c'est la montée en température



PH.

qui s'en suit qui va assurer une bonne aération *via* les mouvements d'air chaud dans le tas.

À chaque retournement, le NH₃ produit l'intérieur du tas va être volatilisé. Le nombre et la fréquence des retournements doivent donc être raisonnables, ils ne sont efficaces qu'au début du compostage et 2

3 retournements suffisent généralement. Au-delà, le NH₃ est volatilisé sans véritable gain d'un point de vue agronomique (hygiénisation, homogénéisation etc.).

La phase de maturation

La durée de cette phase est plus ou moins longue suivant les techniques de compostage. Elle est nécessaire à la formation d'un compost dit "mûr", c'est-à-dire stable et sain lors de son épandage. Toutefois, des phases de maturation trop longues (de 6 à 12 mois) vont provoquer des pertes gazeuses de NH₃ mais surtout de N₂O.

Le bchage est le plus souvent réalisé lors

de cette période. Cette pratique est intéressante vis-à-vis de l'humidité du tas de compost car elle permet de la réguler. En effet, elle empêche l'entrée d'eau lors d'épisodes pluvieux et inversement empêche un dessèchement trop important du tas lors d'épisodes climatiques chauds et secs. Cependant, les bchages type semis ne sont pas conseillés car elles empêchent le tas de respirer. **Les meilleures bches sont celles en gotevilles**; leur coût élevé est toutefois un frein à leur utilisation.

Conclusion

Trois scénarios de compostage et leurs impacts sur l'environnement sont illustrés dans le tableau 1. Le scénario n°1 représente de bonnes conditions de compostage, les deux autres scénarios illustrent bien l'antagonisme des émissions de gaz à effet de serre et de l'ammoniac suivant le choix des pratiques. Actuellement, il est possible d'évaluer ces pra-

tiques en utilisant un indicateur mis au point par l'INRA de Colmar (voir encadré). Dans tous les cas, bien gérer le compostage d'un point de vue environnemental permet de réduire des pertes d'éléments et de préserver ainsi la valeur fertilisante de son compost. ■

L'équipe Agriculture Durable de l'INRA de Colmar a mis au point un indicateur agro-écologique évaluant l'impact de la technique de compostage sur l'environnement. Cet outil d'évaluation calcule un risque (échelle de 0 à 10) correspondant au risque nul) d'émissions de 3 gaz: le NH₃, CH₄ et N₂O. Pour exemple, voici le calcul des risques d'émissions des 3 gaz suivant les scénarios du tableau n°1:

	NH ₃	CH ₄	N ₂ O
Scénario 1	7,5	6,5	7,5
Scénario 2	1	10	10
Scénario 3	9	1	1

Cette simulation illustre des pratiques potentiellement polluantes soit en terme d'effet de serre (scénario 3) soit en terme de pollution azotée (scénario 2). Le scénario 1 correspond à un équilibre entre les risques d'émissions des 3 gaz.

SCENARIO N°1

SCENARIO N°2

SCENARIO N°3

Scénarios de compostage		NH ₃	CH ₄	N ₂ O	Lessivage ruissellement
Matériau de départ	Fumier de bovin (stabilisation libre, 7 kg de paille/j/UGB) C/N = 20 - 30 Bonne porosité De 70 % à 80 % d'humidité	+	+	+	+
Mise en place du tas de compost	En période sèche Andain au champ Hauteur = 1,5 m				
Traitement	Retournement : deux (un mois d'intervalle) Durée de la phase de maturation : deux mois Couverture gotevilles pendant la maturation				
Matériau de départ	Fumier de volaille C/N = 10 - 15 Bonne porosité 25 % d'humidité	--	++	++	++
Mise en place du tas de compost	En période pluvieuse Andain sur une plate-forme en béton Avec récupération des jus Hauteur = 1,5 m Addition d'eau : jusqu'à 50 % d'humidité				
Traitement	Retournement : 7 fois (chaque semaine) Durée de la phase de maturation : 2 mois				
Matériau de départ	Fumier de bovin (< 3 kg de paille/j/UGB) C/N < 20 Faible porosité À peu près 80 % d'humidité	++	--	--	-
Mise en place du tas de compost	En période sèche Andain au champ Hauteur = 2 m				
Traitement	Retournement : une fois lors de la mise en place du tas Durée de la phase de maturation : 1 an				

Tableau n°1 : Évaluation qualitative des impacts environnementaux de 3 types de compostage

- favorise les pertes
+ diminue les pertes