

EVALUATION DES RISQUES LIÉS AUX BIO-AÉROSOLS GÉNÉRÉS PAR LE COMPOSTAGE DES DÉCHETS

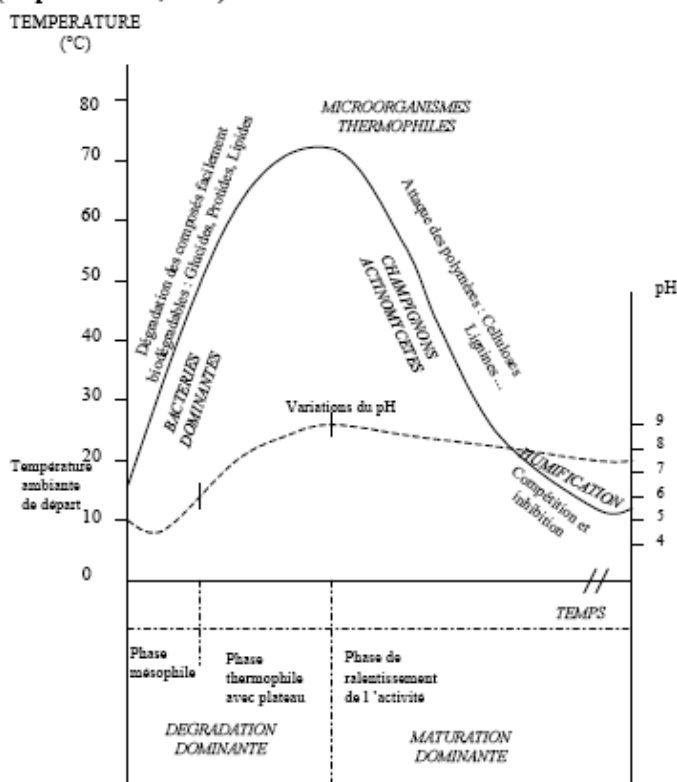
émis par la **CAREPS** (Centre Rhône Alpes d'Epidemiologie, de Prévention sanitaire
ADEME

Le rôle hygiénisant du compost sur les virus et les parasites n'est pas établi de façon certaine en raison du peu de données disponibles et des difficultés d'isolement et d'identification (Bigot).

Si les micro-organismes sont présents durant le processus, ils sont susceptibles d'être aéroportés. Dans les études, il sera tenu compte au départ non seulement des micro-organismes présents dans les produits de départ, principalement les indicateurs de **contamination fécale (couches culottes)**, mais aussi des microorganismes non indigènes qui se développent au cours du compostage.

L'évolution de la température est très importante pour l'extinction des micro-organismes. Voir le schéma ci-dessous

Figure 4 : Evolution de la température lors du processus de compostage des déchets (d'après Mustin, 1987)



Dans le compost d'ordures ménagères étudié par Deportes (1997), les **salmonelles** disparaissent entre le 8^{ème} et le 21^{ème} jour de compostage. Si les salmonelles disparaissent lors du compostage des OM, elles réapparaissent **lors du stockage extérieur** en tas au 57^{ème} La détection n'a été cependant que qualitative. Dumontet (1999) a fait, par ailleurs, le point sur les possibilités de **recontamination**.

L'abattement du nombre de germes est plus important avec le système clos en aération forcée.

Risque de recolonisation pour les spores de Champignons : Pour Beffa (1996 et 1998), les spores de champignons allergisantes sont supprimées par la chaleur (65-75°C), mais on observe une **fréquence de recolonisation après la phase chaleur (65-75°C)**. On observe une fréquence de recolonisation après la phase thermogénique.

Dans un autre travail sur le compost d'OM, les *A. Fumigatus* ne représentent qu'une faible part des champignons thermotolérants au départ (moins de 10 %) alors qu'après 20 jours de compostage, ce champignon représente jusqu'à 89 % des champignons incubés à 55°C. La concentration en *A. fumigatus* est toujours supérieure au niveau de la surface des andains. (Kothary, 1984). **Les spores viables étaient présentes à 60-70°C**, alors que le champignon ne se développe pas à des températures supérieures à 55°C (10³-10⁴ UFC/g MS).

Compostage en bioréacteur clos

Pour Beffa (1998), dans ces systèmes, bien que la plupart des paramètres soient mesurés et ajustés, il n'y a pas de contrôle visuel du compost et la **thermohygiénisation est souvent incomplète** bien que de hautes

températures soient atteintes au centre du compost.

les oeufs d'*Ascaris lumbricoïdes* sont détruits par un compostage en piles aérées. **On manque néanmoins de données récentes sur cette question** (Bigot, 1997).

Endotoxines (produit toxique émanant de la paroi des Bactéries Gram-)

La recherche d'endotoxine dans du compost n'a, à notre connaissance, jamais été effectuée.

Bien que la frontière entre les deux termes n'apparaisse pas clairement dans la littérature, il semble donc que les bio-aérosols soient inclus dans le terme "poussières organiques." Ces poussières contiennent un grand nombre d'agents biologiquement actifs.

Les poussières organiques sont composées d'un ensemble hétérogène de particules animales, végétales et microbiologiques (bactéries, actinomycètes, champignons, virus, parasites) et de produits d'origine microbiologique tels que des constituants de la paroi des cellules, des enzymes ou des toxines, des spores de champignons ou de bactéries.

Presque toutes les particules sont respirables et d'un diamètre inférieur à 5 µm (Lacey, 1991). (rentrant dans la paroi des poumons)

Système clos

Dans la seule étude portant sur un système clos (Delaunay, 1997) les concentrations les plus fortes (9,5.10⁴ UFC/m³) sont mesurées dans le local des silos de maturation.

Staphylocoques

Il n'a pas été retrouvé de Staphylocoques dorés (les plus pathogènes) mais uniquement des Staphylocoques blancs (Staphylocoques coagulases négatifs) c'est-à-dire des staphylocoques commensaux de la peau et des muqueuses qui sont essentiellement responsables d'infections nosocomiales et iatrogènes. Les concentrations les plus faibles sont retrouvées sur le site de stockage (70UFC/m³) alors que **les concentrations les plus fortes se situent sur le site des silos de maturation (17 000 à 57 000 UFC/m³).**

Bactéries Gram-négatives

Selon les auteurs, pour les systèmes ouverts, les concentrations sont les plus élevées, sont :

- Dans la zone de retournement pour un compostage de feuilles (Van der Werf, 1996)
- Au cours du démantèlement des andains (Lacey, 1991, 1992).
- Dans les zones de réception des déchets (Lavoie, 1997)

Pour les bâtiments clos, les zones de plus fortes concentrations se situent dans le secteur du compostage frais et dans la zone de tamis et criblage (Rheinthal, 1997).

Il semble donc que les concentrations mesurées soient surtout importantes lorsque les déchets ou le compost sont brassés.

En bioréacteurs clos : la thermohygiénisation est souvent incomplète. Ce système n'entraîne aucune émission de conidies dans le bâtiment où est placé le bioréacteur, excepté pendant son chargement et à la sortie du compost final.

Biofiltres : ils sont surtout utilisés pour éliminer les mauvaises odeurs et non pour retenir.

A distance des sites de compostage, les données sont très parcellaires.

à 200 m du site, elles sont de 60 UFC/m³ pour une concentration sur le site allant jusqu'à 390 UFC/m³ (Rheinthal, 1999) Il est intéressant de noter dans une autre étude (Rheinthal, 1997) que la proportion d'*Aspergillus* sur les champignons reste encore de 80% à 110 m d'un site. Ceci indiquerait une influence jusqu'à cette distance. (surtout en terrain plat)

A proximité d'une zone résidentielle (environ 250 m du site de compostage), la concentration est toujours inférieure à 30 UFC/m³ et atteint 50 UFC/m³ un jour de criblage du compost, **niveaux tout de même supérieurs à ceux mesurés dans des zones de non-compostage.**

Mycotoxines

Un seul auteur (Fisher, 1999, 2000) s'est penché sur la présence de mycotoxines dans l'air des usines d'incinération. Sa première étude porte sur des dosages de mycotoxines et d'*Aspergillus fumigatus* et de poussières dans trois usines de compostage (procédé non précisé)

Glucanes

Seule une étude (Douwes, 2000) rapporte des concentrations de β(1-3)D-glucanes en centre de compostage.

Les concentrations en air ambiant les plus élevées ont été mesurées dans le hall de process avec 16 210 ng/m³ (moyenne géométrique 650 Å} 4100 ng/m³).

Action de l'humidité : En ce qui concerne l'humidité, Walter (1990) a démontré que la survie de bactéries (*Pseudomonas*) aérosolisées était bien plus importante quand le taux d'humidité était fort 80% versus 40%) et quand la température est basse.

Une seule mesure à distance a été réalisée pour évaluer le modèle et ceci est insuffisant pour valider ou invalider la modélisation. La modélisation de la dispersion de bioaérosols de compost nécessite donc encore

d'être validé sur le terrain.

Ce taux a ensuite été utilisé pour estimer dans un second temps les concentrations à distance de l'usine mais les valeurs estimées n'ont pas été validées par des mesures dans l'environnement. Le taux maximum d'émission était de $4,6 \cdot 10^6$ particules d'AF/s et ceci correspondant à une concentration d'environ $5 \cdot 10^3$ particules d'AF/m³. En modélisant la dispersion et dans des conditions de vent stable, les concentrations en aval à 1 km pour le taux maximum d'émission étaient de 10^3 particules d'AF/m³

La pathologie liée aux poussières organiques a particulièrement été étudiée par des auteurs scandinaves, allemands et néerlandais.

Les enseignements proviennent pour une grande part du monde agricole et de certains environnements industriels. Les mécanismes d'action mis en jeu sont de trois ordres :

- Un mécanisme infectieux pour certains micro-organismes ,
- Un mécanisme d'irritation et d'inflammation locale,
- Un mécanisme immuno-allergique

Selon la taille des particules, la pénétration dans l'arbre respiratoire est plus ou moins profonde, et nous distinguons les particules inhalables (diamètre aérodynamique < 100µm), la fraction thoracique (< 30 µm) et la fraction alvéolaire pour les particules les plus fines (< 10 µm).

TYPE DE REPONSE PATHOLOGIES

Inflammatoire (non allergique)

irritation de la muqueuse oculaire et voies aériennes (MMI)

Bronchoconstriction aiguë

Bronchites chroniques

Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS) ou pneumopathie toxique

Asthme non-allergique (ou asthme intrinsèque)

Allergie Alvéolite allergique extrinsèque (ou pneumopathie d'hypersensibilité)

Rhinite allergique

Asthme allergique

Infection Pneumonie nécrosante (invasive, systémique)

Bronchopneumopathie (non invasive, non systémique)

La plupart des micro-organismes (bactéries, actinomycètes, champignons) et certaines spores peuvent entraîner des phénomènes d'hypersensibilité.

Aspergillus

Les champignons poussent en grand nombre dans le compost, d'où la crainte de voir se développer des espèces pathogènes ou opportunistes. Les recherches sont centrées sur les *Aspergillus*, champignons filamenteux qui sont connus comme pathogènes pour l'homme.

Ces champignons sont présents sous forme de spores dans l'air, le sol, sur des débris organiques aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur des habitations. *Aspergillus fumigatus* cause les infections les plus graves, il est constamment retrouvé lors du compostage des déchets verts, des copeaux de bois, des déchets municipaux solides, des boues d'eaux usées et du foin (Millner et al, 1980). Les spores d'*Aspergillus fumigatus* libérées dans l'environnement ont un diamètre suffisamment petit (2 à 3 µm) pour permettre une pénétration jusqu'aux alvéoles pulmonaires (Latgé, 1999).

L'exposition professionnelle au compost peut entraîner des réactions d'inflammation (sub) chroniques dans les voies aériennes supérieures, induites par des agents pro-inflammatoires tels que les endotoxines et les (1→3)-β-D-glucanes. L'étude de **produits d'expectoration** a montré une augmentation des polynucléaires neutrophiles et des IL-8 chez les sujets exposés expérimentalement aux LPS, qu'ils soient asthmatiques ou non (Nightingale, 1998).

RISQUES AÉROPORTÉS LIÉS AU COMPOST

ETUDE DE CAS

Bronchoalvéolite allergique extrinsèque

Un homme de 20 ans en bonne santé a consulté en raison d'une dyspnée, une toux sèche

Bronchoalvéolite allergique extrinsèque ou syndrome toxique à la poussière organique

Un paysagiste de 52 ans a présenté une atteinte pulmonaire avec fièvre, myalgies, céphalées et dyspnée 12 heures après la manipulation d'un compost de déchets verts

Pneumopathie d'hypersensibilité

Aspergillose broncho-pulmonaire

Aspergillose pulmonaire invasive

L'étude du risque microbiologique aéroporté dans le compostage des déchets municipaux solides est encore restreinte

Très peu d'études rapportent des effets sur la santé

Dans une station de compostage industriel en système couvert produisant un compost en 8 semaines, rapporte des plaintes fréquentes de troubles respiratoires et d'infections des voies aériennes supérieures parmi le personnel.

Durant la première année, les sujets exposés se sont surtout plaints de **brûlures oculaires**

Pour les manifestations cliniques, il a été observé une augmentation significative des **symptômes et maladies des voies aériennes** et, dans une moindre mesure, de la peau chez les travailleurs du compost.

Au total cette étude va dans le sens d'une **augmentation de symptômes respiratoires et de manifestations cutanées dans la population des travailleurs en site de compostage**. Une forte exposition aux bioaérosols est associée à une augmentation de l'inflammation des voies aériennes supérieures durant le poste de travail le risque inhabituel que fait **courir l'exposition à *A. fumigatus* pour les personnes immunodéprimées**.

Si le compost intervient en tant que support de culture, il est alors soumis à la norme **NFU 44-551**. Cette norme est actuellement en cours de révision et dans le document de travail disponible fourni par l'ADEME, les critères d'innocuité pour les micro-organismes pathogènes sont les suivants : (c'est le cas actuellement)

D'autre part, la

réduction du risque de transport de vecteur de maladie dans le compost est garantie si le compost a subi un procédé aérobie pendant 14 jours avec une température moyenne de 45°C.

- organismes pathogènes, d'origine fécale, présents dans les produits de départ : bactéries, virus, parasites,
- organismes pathogènes ou allergisants se développant durant le compostage ou le stockage : c'est surtout le cas des actinomycètes thermophiles et des champignons,
- toxines et allergènes libérés par les bactéries et les champignons

Si le compost intervient en tant que support de culture, il est alors soumis à la norme **NF U 44-551**. Cette norme est actuellement en cours de révision et dans le document de travail disponible fourni par l'ADEME, les critères d'innocuité pour les micro-organismes pathogènes sont les suivants : (c'est le cas actuellement)

D'autre part, la réduction du risque de transport de vecteur de maladie dans le compost est garantie si le compost a subi un procédé aérobie pendant 14 jours avec une température moyenne de 45°C.

- organismes pathogènes, d'origine fécale, présents dans les produits de départ : bactéries, virus, parasites,
- organismes pathogènes ou allergisants se développant durant le compostage ou le stockage : c'est surtout le cas des actinomycètes thermophiles et des champignons,
- toxines et allergènes libérés par les bactéries et les champignons

Nous ne disposons d'aucun marqueur spécifique biologique permettant l'évaluation de l'exposition aux poussières organiques issues du compostage.

La plupart des auteurs s'accordent pour admettre que le compostage est un excellent traitement hygiénisant **s'il est bien conduit. Ceci est à démontrer pour le futur CTSD, projet innovant !**

Micro-organismes apparaissant durant le compostage

Durant le compostage, la flore mésophile est remplacée par une flore thermophile parmi laquelle certains organismes présentent, dans certaines conditions, un risque infectieux, allergique ou toxique. Rentrent dans ces catégories les **actinomycètes, les champignons et leurs spores**. **Les risques liés à l'exposition aux mycotoxines pour les travailleurs et pour la population avoisinante demeurent non documentés car aucune étude ne les a mis en évidence**

Les risques pour les travailleurs en site de compostage et pour la population riveraine n'ont pas encore été étudiés **Les connaissances sur le risque pour la population riveraine et pour les utilisateurs du compost**

Les données sur cette question sont quasiment absentes.

L'exposition à *Aspergillus fumigatus* n'est susceptible de générer des infections graves que chez les personnes immunodéprimées ou porteuses de cavités pulmonaires séquellaires. La mise en place d'étude épidémiologique en population générale est nécessairement complexe, longue et coûteuse. Il est donc nécessaire dans un premier temps de **mieux caractériser l'exposition** avant d'envisager une étude du risque sanitaire.

En conclusion : des études ont été faites à Murianette. Or, il se trouve que le compost y est stocké à l'extérieur ce qui fausse les résultats qui ne sont pas identiques au stockage en milieu clos.

Les recherches sont peu nombreuses et même inexistantes quant aux impacts sur la population. Analyses qui se révèlent difficiles (car croisement de plusieurs facteurs) et coûteuses.

Ce n'est que le temps qui révélera la nocivité ou non de tels centres, comme pour les incinérateurs. Ce sont les Champignons et leurs spores qui sont les plus agressifs, ayant une grande résistance.

Le principe de précaution voudrait que ces centres soient éloignés de toute habitation. Dans notre cas, les maisons les plus proches sont à 250 mètres, ce que dissimule le SYTRAD ..

