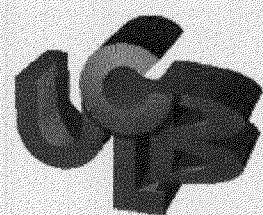


enssib
Ecole Nationale Supérieure
des Sciences de l'Information
et des Bibliothèques



Université
Claude Bernard
Lyon I

DESS INFORMATIQUE DOCUMENTAIRE
RAPPORT DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

LE COMPOSTAGE
DONNEES ACTUELLES SUR LES ASPECTS
TECHNIQUES, ECONOMIQUES ET
REGLEMENTAIRES.

Marion MONATERI

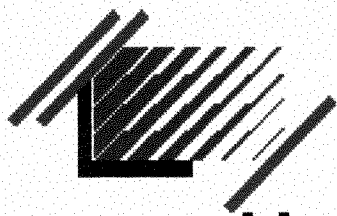
Sous la direction de

Monsieur Joseph PERRIER, maître de conférences

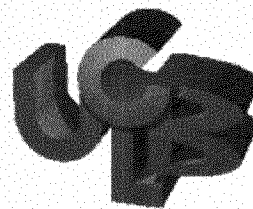
Laboratoire de Microbiologie Appliquée et Industrielle
43; Bd du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex

Année 1999





ensib
Ecole Nationale Supérieure
des Sciences de l'Information
et des Bibliothèques



Université
Claude Bernard
Lyon I

DESS INFORMATIQUE DOCUMENTAIRE

RAPPORT DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

LE COMPOSTAGE

**DONNEES ACTUELLES SUR LES ASPECTS
TECHNIQUES, ECONOMIQUES ET
REGLEMENTAIRES.**

Marion MONATERI

Sous la direction de

Monsieur Joseph PERRIER, maître de conférences

Laboratoire de Microbiologie Appliquée et Industrielle
43; Bd du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex

Année 1999

1999
10
18

**LE COMPOSTAGE : DONNEES ACTUELLES SUR LES ASPECTS
TECHNIQUES, ECONOMIQUES ET REGLEMENTAIRES.**

Résumé

Le compostage est un processus complexe de traitement de déchets d'origines diverses utilisant la capacité des micro-organismes à dégrader la matière organique lors de la fermentation aérobie. Les déchets sont ainsi transformés en compost, utilisé notamment en agriculture comme fertilisant. Cependant, pour une commercialisation de tels produits, il est nécessaire, de par la présence de populations microbiennes, de mettre en place des réglementations. Contrôle de qualité et management environnemental doivent donc s'appliquer au compostage.

Descripteurs de la base de données Pascal

Microbiologie, microbiologique, microbien(ne), micro-organisme(s), déchets, déchet organique, matière organique, compostage, compost, méthodes analytiques, valorisation, contrôle de qualité, management environnemental, standard(s), standardisation, standardisé, norme, normalisation, normalisé, norme ISO 14001.

**COMPOSTING : CURRENT DATA ON TECHNICAL, ECONOMIC AND
REGULATION ASPECTS.**

Abstract

Composting is a complex process for the treatment of varied wastes using microorganism capacity to degrade organic matter during aerobic fermentation. This is how the wastes are transformed into compost which is used, particularly in agriculture, as a fertilizer. But marketing such a product needs the setting up of regulations because of the presence of microbial populations. Quality control and environmental management applications to the composting process are needed.

Keywords from Pascal database

Microbiology, microbiological, microbial, microorganism(s), waste(s), organic wastes, organic matter, composting, compost, analytical methods, upgrading, quality control(s), environmental management, standard, standardization, standardized, norm, normalization, normalized, standard ISO.

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| METHODOLOGIE DE RECHERCHE..... | 6 |
| I. Introduction..... | 6 |
| II. Présentation des sources d'informations utilisées..... | 6 |
| 1. Le salon Pollutec 1998..... | 6 |
| 2. Les bases de données sur CD-rom..... | 6 |
| Les bases de données consultées à l'ENSSIB..... | 6 |
| Pascal..... | 6 |
| Docthèse..... | 6 |
| Les bases de données consultées à la bibliothèque universitaire de la section Santé..... | 6 |
| Pascal Biomed..... | 6 |
| Biosis..... | 7 |
| Embase..... | 7 |
| 3. Les sites Internet..... | 7 |
| 4. Les contacts..... | 7 |
| 5. Les bases de données consultées sur le serveur Dialog..... | 7 |
| Enviroline..... | 7 |
| Pollution Abstracts..... | 7 |
| JICST-Eplus..... | 7 |
| Biobusiness..... | 8 |
| CAB Abstracts..... | 8 |
| Current Biotechnology Abstracts..... | 8 |
| Current Contents Search..... | 8 |
| IAC Trade and Industry Database..... | 8 |
| IAC Newsletter Database..... | 8 |
| IAC PROMT..... | 8 |
| PIRA..... | 8 |
| 6. Le prêt entre bibliothèques..... | 9 |
| III. Préalables..... | 9 |
| 1. Choix des descripteurs..... | 9 |
| 2. Choix des bases de données à consulter..... | 10 |
| IV. Interrogation sur internet, sur CD-rom et en ligne..... | 10 |
| 1. Sur internet..... | 10 |
| Medline..... | 10 |
| Par les moteurs de recherche : Alta Vista..... | 11 |
| 2. Sur CD-rom..... | 12 |
| 3. Sur le serveur Dialog..... | 13 |
| 4. Etablissement de la bibliographie..... | 14 |
| 5. Les coûts liés à l'interrogation..... | 15 |
| Sur internet..... | 15 |
| Sur CD-rom..... | 15 |
| Sur le serveur Dialog..... | 15 |
| Conclusions..... | 17 |

| | |
|--|----|
| NOTE DE SYNTHÈSE | 18 |
| I. Introduction | 18 |
| II. Méthodes et techniques de compostage | 19 |
| 1. Les micro-organismes mis en jeu | 19 |
| Bactéries | 19 |
| Actinomycètes | 19 |
| Micro-organismes fongiques (moisissures et levures) | 19 |
| 2. Déroulement du compostage | 20 |
| Schéma synthétique | 20 |
| Les paramètres fondamentaux | 21 |
| C et N | 21 |
| Température | 21 |
| III. Applications pratiques du compostage | 21 |
| 1. Applications liées à l'activité agricole | 22 |
| 2. Applications liées aux activités industrielles et urbaines | 22 |
| IV. Vers un compostage économiquement rentable. La valorisation du produit final | 23 |
| 1. Diversité des produits et résidus valorisables et leurs usages | 23 |
| Les déchets d'origine industrielle | 23 |
| Les déchets d'origine municipale | 23 |
| Les déchets d'origine agricole | 23 |
| Les usages du produit final | 23 |
| 2. Utilisations du compost | 23 |
| La valorisation agricole | 24 |
| V. Contrôle de qualité. Management environnemental | 24 |
| 1. Les problèmes du compostage | 25 |
| 2. La distribution du compost | 26 |
| 3. La compostabilité | 27 |
| VI. Conclusions | 28 |
| BIBLIOGRAPHIE | 29 |

METHODOLOGIE DE RECHERCHE

I. Introduction

Avant toute recherche, il s'agit de bien définir la stratégie à adopter. De nombreux moyens de stockage et de recherche d'information existent sur le marché, la stratégie consiste, dans un temps limité, à interroger les plus performants et au moindre coût.

II. Présentation des sources d'informations utilisées

1. Le salon Pollutec 1998

Pollutec 1998, 14e salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement pour l'industrie et les collectivités locales, s'est déroulé du 3 au 6 novembre à Eurexpo, Lyon. Ce salon a été le point de départ de la recherche bibliographique, une quantité importante de documentation a pu y être collectée. Documentation dont la lecture a permis la constitution d'un mini-glossaire du vocabulaire technique relatif au compostage.

2. Les bases de données sur CD-rom

Elles sont un moyen sûr et peu onéreux, pour l'utilisateur, afin d'obtenir des informations.

Les bases de données consultées à l'ENSSIB

Pascal

Pascal est une base de données pluridisciplinaire de l'INIST incluant près de douze millions de références d'articles, de thèses, ... 25 % des références concernent la biologie et 1 million portent sur le domaine biomédical. La période couverte s'étend de 1973 à 1999.

Des résumés d'auteur viennent enrichir ces références. L'interrogation s'effectue grâce à des descripteurs répertoriés aussi bien en anglais qu'en français, ceci après consultation du lexique de mots clés.

Docthèse

Cette banque de données référence 310 000 notices bibliographiques de thèses françaises. L'interrogation est facilitée par l'existence d'un lexique de mots clés intégré.

Les bases de données consultées à la bibliothèque universitaire de la section Santé

Sur ce site ont été trouvées les bases de données relatives aux références portant sur le domaine de la biologie.

Pascal Biomed

Ce CD-rom contient la partie biomédicale de la base de données Pascal

Biosis

Biosis est la version informatisée de la banque de données sur support papier Biological Abstract. 50 % des revues dépouillées sont d'origine européenne, 30 % viennent d'Amérique du Nord. Cette banque de données inventorie surtout des références d'articles mais aussi de quelques congrès, thèses et ouvrages. Les résumés de Biosis sont réalisés par des spécialistes, et non par les auteurs eux-mêmes comme c'est le cas pour la base de données Pascal. Les mots clés qui sont intégrés au lexique sont les mots apparaissant plus de 10 fois dans un article.

Embase

Cette base de données est un index de la littérature médicale internationale (70 pays) et de ses dérivés dont : bioingénierie, environnement, microbiologie, santé publique.

Embase est la version informatisée de la banque de données sur support papier Excerpta Medica. Elle recense les références d'articles après l'analyse de 3 800 revues dont 54 % sont d'origine européenne.

Embase possède un thesaurus (Emtree) de 39 000 descripteurs, en anglais.

3. Les sites Internet

Sur Internet, la recherche sur un sujet précis n'est pas envisageable sans les moteurs de recherche. Ces moteurs de recherche, utilisés en « mode avancé », permettent d'intégrer à la requête des opérateurs booléens indispensables dès que l'équation de recherche devient un peu complexe.

Evaluer le site est une étape importante mais délicate, il faut savoir faire le tri entre les sites commerciaux et les sites informatifs.

4. Les contacts

L'avancée des recherches, dans un travail comme celui effectué ici, passe aussi par un réseau de relations, qui, prenant connaissance du sujet de la recherche bibliographique, participe à la collecte de documents.

5. Les bases de données consultées sur le serveur Dialog

Enviroline

Enviroline est une base de données qui recense des résumés d'articles de publications, depuis 1975, sur des aspects techniques, scientifiques, socio-économiques et politiques ayant un rapport avec l'environnement.

Pollution Abstracts

Cette base de données réunit les références des publications internationales sur le sujet de l'environnement. Elle traite plus particulièrement de la pollution, sous toutes ses formes, les sources et les contrôles de la pollution.

JICST-Eplus

Japanese Science and Technology Corporation, Information Center for Science and Technology.

JICST-Eplus est une base de données bibliographique internationale complète (3 413 000 références) de la littérature japonaise (plus de 6 000 périodiques, rapports techniques, pré-publications, rapports de conférence,...) dans les domaines des sciences et technologies et de la médecine : agriculture, biotechnologies, ingénierie appliquée à l'environnement,... depuis 1985.

Biobusiness

Cette base contient des informations concernant le commerce et l'économie appliqués à la recherche spécialisée dans les sciences de la vie, notamment : agriculture, biotechnologie, environnement, industrie agro-alimentaire, santé, microbiologie industrielle, traitement des déchets.

Les articles de plus de 1100 journaux, magazines,... internationaux sont traités pour constituer les enregistrements bibliographiques de cette base qui couvre la période 1985-1998.

CAB Abstracts

CAB Abstracts propose une vue complète des informations relatives à l'agriculture et à la biologie.

Current Biotechnology Abstracts

Cette banque de données est la version électronique de Current Biotechnology de la Royal Society of Chemistry et recense les résumés de parutions traitant tous les aspects de la biotechnologie et contenant des informations technico-commerciales, scientifiques et techniques, ainsi que des informations d'ordre général. Current Biotechnology Abstracts contient aujourd'hui près de 100 000 références issues de 200 documents primaires, couvrant ainsi la période 1983-1999.

Current Contents Search

Il s'agit de tables des matières des principaux journaux traitant des domaines des sciences, sciences sociales, arts et sciences humaines. Current Contents Search fournit aussi des références bibliographiques pour chacun de ces sujets grâce aux 6 500 revues, articles, lettres,... de la littérature internationale.

IAC Trade and Industry Database

Couvre très largement les sociétés, industries, produits et marchés mondiaux. Cette base compte plus de sept millions de données de 1981 à 1999.

IAC Newsletter Database

IAC Newsletter est un classement de bulletins d'information en « full text » concernant le commerce et l'industrie dans le monde entier. Cette base aborde les thèmes des technologies, des réglementations et des activités législatives ayant trait à l'industrie.

IAC PROMT

Large couverture internationale des compagnies, produits, marchés et des technologies appliquées concernant toute l'industrie de fabrication et de service.

PIRA

Cette base de données donne une vue complète de la littérature commerciale et technique sur les industries de la pâte à papier et le papier, l'emballage, l'impression, la publication,... Les aspects aussi bien scientifiques que commerciaux de cette industrie sont abordés.

Les sujets pertinents de plus de 1 000 journaux, livres, rapports, conférences,... alimentent cette base de données qui compte aujourd'hui plus de 410 000 enregistrements bibliographiques couvrant la période de 1975 à nos jours.

La version papier de PIRA existe depuis 1995.

6. Le prêt entre bibliothèques

Le PEB est un des moyens d'accès au document primaire, intervenant à la suite de l'interrogation de bases de données ne référant que les notices bibliographiques des documents. Ce service est en principe payant.

III. Préalables

Le sujet a été examiné pour en extraire les idées principales. Ces dernières ont été organisées de façon à pouvoir traiter le sujet en plusieurs parties. Les différentes parties donneront naissance à différentes équations de recherche.

1. Choix des descripteurs

Avant la première interrogation de Dialindex, il a fallu déterminer les mots clés concernant chacune des parties du sujet. La consultation du thesaurus de CAB Abstracts a constitué l'étape initiale. Le thesaurus étant rédigé en anglais, les concepts fondamentaux du sujet ont été traduits.

| Descripteur français | Descripteur anglais | Termes associés |
|--------------------------------|--------------------------------|---|
| microbiologie | microbiology | |
| micro-organismes | microorganisms | |
| fraction organique des déchets | organic matter, organic wastes | soil organic matter |
| compostage | composting | processing, composts, waste disposal, waste treatment |
| compost | composts | manure, organic amendments, soil amendments |
| méthodes analytiques | analytical methods | |
| valorisation | upgrading | |
| contrôle de qualité | quality control | |
| standard, norme | standard, norm | Standardization, normalization |

C'est avec ces descripteurs, et des opérateurs booléens, que l'index des bases de données sur le serveur Dialog a été interrogé. En effet, Dialindex propose, après avoir choisi les catégories correspondant au sujet, de rechercher en une fois toutes les bases de données comportant les descripteurs indiqués dans la requête. La troncature a été utilisée pour inclure à la recherche les termes de même racine, par exemple *microbe* et *microbiologie*, ainsi que les pluriels

La requête dans Dialindex est la suivante :

"COMPOSTING? AND WASTE?"

Et les catégories sont :

biotech, scitech, environ, pollut, scitech, biobus

2. Choix des bases de données à consulter

Dialindex fournit une liste de bases de données contenant des articles correspondant à la requête :

| Nom de la base |
|---------------------------------|
| Biobusiness |
| Biosis |
| CAB Abstracts |
| Current Biotechnology Abstracts |
| Current Contents Search |
| EMBASE |
| Enviroline |
| FLUIDEX |
| IAC Newsletter |
| IAC PROMT |
| IAC Trade and Industry |
| JICST Eplus |
| Medline |
| NTIS |
| Pascal |
| PIRA |
| Pollution Abstracts |
| Sci Search |
| Water Ressources |

Cette première étape a permis de savoir quelles bases s'intéressent au compostage, seules celles présentant un nombre de références important ont été retenues dans un premier temps.

Deux options d'interrogation sont disponibles. L'interrogation sur le serveur Dialog a l'avantage de pouvoir sélectionner plusieurs bases en même temps mais c'est un mode d'interrogation très cher. Il est donc préférable d'adopter le mode d'interrogation des CD-rom. L'interface y est, en outre, plus conviviale que sur le serveur Dialog. En ce qui concerne Medline, son interrogation par le biais d'Internet a montré de bons résultats.

IV. Interrogation sur Internet, sur CD-rom et en ligne

1. Sur Internet

Medline

<URL :<http://www.infotrieve.com>>

| Nom de la base | Equation de recherche | Nombre de réf. | Nombre de réf. pertinentes | Pourcentage de pertinence | Temps de consultation |
|----------------|--|----------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Medline | >1994 Compost* and method and organic | 2 | 2 | 100 % | 30' |
| | Compost* and method | 5 | 5 | 100 % | |

Par les moteurs de recherche : Alta Vista

Alta Vista est un moteur de recherche reconnu et complet, il indexe des références internationales.

Une première recherche a été faite de façon à déterminer l'importance de la couverture dans le domaine du compostage. La recherche lors de cette première étape a donc porté sur le terme unique de "compostage". Un très grand nombre de sites étant référencés ainsi, il a fallu affiner la recherche.

Les méta-moteurs, tels que Metacrawler, sont un outil intéressant, permettant d'envoyer une requête à plusieurs moteurs de recherche, simultanément. Les résultats de la requête s'affichent sous la forme d'une liste unique pour tous les moteurs interrogés, sans doublons.

Le tableau suivant montre les résultats obtenus à l'issue des requêtes :

| Moteur ou méta-moteur utilisé | Equation de recherche >1994 | Nbre de sites | Nbre de sites pertinents | Pourcentage de pertinence | Temps de consultation |
|-------------------------------|--|--|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Metacrawler | Composting and wastes and (quality controls) | | 1 | | 45' |
| "search" | Composting and (waste disposal) and (analytical methods) and (quality controls) and microbiology and (organic(matter or wastes)) | AV : 31 Planet Search : 28 Lycos : 12 Yahoo : 4 | 7 3 0 0 | 13 % | |
| "power" | Composting, waste disposal, analytical methods, quality controls, microbiology | 12 | 7 | 58 % | |
| Alta Vista | Composting and microbiology | 22 | 5 | 23 % | 40' |
| | Composting and microbiology and Europe | 18 | 3 | 17 % | |

Les pourcentages de pertinence sont généralement plus faibles lors de l'interrogation sur Internet du fait du nombre important de sites publicitaires qui répondent aux mêmes mots-clés que les sites informatifs.

La recherche d'information sur Internet s'est poursuivie par l'interrogation directe des sites ainsi trouvés, mais aussi par l'interrogation de sites cités dans la documentation précédemment obtenue. Plus d'une douzaine de sites ont ainsi été retenus pour leur pertinence quant au sujet et pour leur sérieux : sites de ministère, d'organisations reconnues, universitaires,... Le temps total de connexion est estimé à 4 heures et 30 minutes, comprenant le temps de recherche, puis le temps de consultation et le temps éventuel d'impression, quand l'enregistrement sur disquette était impossible (conversion de tableaux,...).

2. Sur CD-rom

Les descripteurs utilisés dans les équations de recherche sont ceux recherchés dans les thesaurus ou lexiques de mots clés des bases de données.

Ci-dessous, sont présentés les résultats des recherches dans les différentes bases de données sur CD-rom :

| Nom de la base | Equation de recherche >1994 | Nbre de réf. | Nbre de réf. pertinentes | Pourcentage de pertinence | Temps de consultation |
|--------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Docthèse | Composting and microb* | 5 | 4 | 80 % | 30' |
| Bibliographie nationale française | compostage | 2 | 0 | 0 % | 15' |
| Biosis | Compostage and microbiologie | 1 | 1 | 100 % | 4 heures |
| | Composting and microbiology | 13 | 9 | 69 % | |
| | Composting and quality- control | 0 | | | |
| | Composting and quality | 38 | 25 | 66 % | |
| | Composting and analytical methods and microorganisms | 3 | 0 | 0 % | |
| | ((European and (standard or norm)) or (directive or orders or instructions) and composting | 2 | 2 | 100 % | |
| Pascal Biomed | Composting and microbiology and quality-control | 0 | | | |
| | Composting and quality | 8 | 2 | 25 % | |
| EMBASE | Composting and microbiology and quality-control | 0 | | | |
| | Composting and microbiology and european and standard | 0 | | | |
| | Composting and microbiology and europe | 4 | 4 | 100 % | |
| Pascal 1998 | Composting | 1 | 1 | 100 % | 1 heure |
| | Compostage et valorisation | 7 | 4 | 57 % | |
| | Compostage et contrôle de qualité | 0 | | | |

3. Sur le serveur Dialog

L'interrogation sur Dialog est survenue dans la phase finale de la recherche, c'est pourquoi les équations sont mieux définies, les trois parties du sujet à traiter étant établies de manière définitive grâce à la documentation recueillie précédemment.

La première partie du sujet porte sur les méthodes de compostage : aspects techniques. L'équation de recherche est donc :

« COMPOSTING AND (MICROB ? OR MICROORGANISM ?) AND ANALYTICAL(W)METHOD ? » ≥1994 : N°1.

La valorisation du produit final compose la deuxième partie, la requête devient alors :

« COMPOSTING AND UPGRADING » ≥1994 : N°2.

Enfin, la troisième partie est consacrée au contrôle de qualité, à la réglementation,.... L'équation est :

« COMPOSTING AND (STANDARD ? OR NORM ?) AND (MICROB ? OR MICROORGANISM ?) » ≥1994 : N°3.

Une nouvelle interrogation de Dialindex a été nécessaire pour obtenir plus de renseignements sur une partie précise du sujet. L'équation suivante, « COMPOSTING AND ISO 14001 », a été traitée par plusieurs bases simultanément grâce à la fonctionnalité "one search".

Le tableau des résultats, à l'issue de ces quatre requêtes, est présenté ci-dessous :

| Nom de la base | Equation de recherche >1994 | Nombre de réf. | Nombre de réf. pertinentes | Pourcentage de pertinence |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|
| Biobusiness | N°1 | 8 | 3 | 38 % |
| | N°2 | 3 | 2 | 67 % |
| | N°3 | 6 | 3 | 50 % |
| CAB Abstracts | N°1 | 2 | 1 | 50 % |
| | N°2 | 12 | 9 | 75 % |
| | N°3 | 15 | 9 | 60 % |
| Current Biotechnology Abstracts | N°1 | 3 | 1 | 33 % |
| | N°2 | 0 | | |
| | N°3 | 3 | 2 | 67 % |
| Current Contents Search | N°1 | 0 | | |
| | N°2 | 3 | 2 | 67 % |
| | N°3 | 14 | 5 | 36 % |
| Enviroline | N°1 | 0 | | |
| | N°2 | 1 | 0 | 0 % |
| | N°3 | 2 | 2 | 100 % |
| IAC Newsletter | Composting and ISO 14001 | 2 | 2 | 85 % |
| IAC PROMT | | 1 | 1 | |
| IAC Trade and Industry | | 2 | 1 | |
| PIRA | | 1 | 1 | |
| JICST EPlus | N°1 | 0 | | |
| | N°2 | 4 | 0 | 0 % |
| | N°3 | 10 | 2 | 20 % |
| Pollution Abstracts | N°1 | 61 | 43 | 70 % |
| | N°2 | 4 | 2 | 50 % |
| | N°3 | 0 | | |
| Fluidex | Composting | 1 | 0 | 0 % |

L'avantage de l'interrogation de CD-rom ou de l'interrogation en ligne sur le serveur Dialog est la qualité. En effet, contrairement à Internet, l'évaluation n'est plus à faire.

4. Etablissement de la bibliographie

L'intégralité des références pertinentes recueillies par les différents moyens de recherche bibliographique décrits ici est reprise dans la bibliographie, à la suite de la note de synthèse. Le choix d'un classement alphabétique des références s'est imposé du fait de leur nombre important et de l'utilisation de certaines dans plusieurs parties de la synthèse. En effet, un classement thématique aurait pâti des redondances. Les références apparaissent au cours de la synthèse par l'appel de leur numéro.

5. Les coûts liés à l'interrogation

Sur Internet

Pour les établissements reliés au réseau Renater, les coûts sont forfaitaires et sont fonction du débit mais pas du temps de connexion. Ainsi, à l'ENSSIB, les recherches sur Internet n'ont, du point de vue de l'utilisateur, rien coûté. Si l'interrogation avait été faite en dehors d'un tel établissement, le coût aurait varié selon le type d'abonnement (45 à 200 F/mois) et le temps de connexion (4h30 au prix d'une communication locale).

Sur CD-rom

Les CD-rom consultés sont disponibles dans les bibliothèques universitaires qui les ont achetés très cher (Pascal : 15 000F, Embase et BIOSIS : 50 000 et 90 000 F et même plus lorsqu'ils sont en consultation en réseau).

L'utilisateur, quant à lui, bénéficie gratuitement de ces services.

Sur le serveur Dialog

Les universités bénéficient d'un tarif préférentiel. En effet, après acquittement d'un droit d'entrée, seul est compté le temps de connexion.

En revanche, l'utilisateur "lambda" doit payer selon le temps de connexion mais aussi au nombre de références visualisées, dont le coût varie selon les bases interrogées. Le coût Dialog calculé ici tient compte du forfait à la référence en plus du coût de la connexion au serveur. Le prix de la référence par base est donné dans les *blue-sheets*, mais toutes les bases de données interrogées n'y figurent pas. Il a donc été nécessaire, pour certaines, d'évaluer approximativement le prix de la référence visualisée, par rapport aux tarifs en vigueur pour les autres bases de données.

Le tableau ci-dessous présente une étude détaillée des coûts liés à la recherche d'information sur le serveur Dialog :

| Nom de la base | Nombre de réf. | Coût par type | Coût total estimé par base |
|---------------------------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Biobusiness | 17 | \$2.05 | \$34.85 |
| CAB Abstracts | 29 | | |
| Current Biotechnology Abstracts | 6 | \$2.90 | \$17.40 |
| Current Contents Search | 17 | \$2.80 | \$47.60 |
| Enviroline | 0 | | |
| | 1 | | |
| | 2 | | |
| IAC Newsletter | 2 | \$3.15 | \$6.30 |
| IAC PROMT | 1 | | |
| IAC Trade and Industry | 2 | \$2.60 | \$5.20 |
| PIRA | 1 | | |
| JICST EPlus | 0 | | |
| | 4 | \$1.15 | \$16.10 |
| | 10 | | |
| Pollution Abstracts | 61 | | |
| | 4 | \$2.05 | \$133.25 |
| | 0 | | |
| Fluidex | 1 | \$1.85 | \$1.85 |
| Dialindex | | | \$12.38 |

| |
|---------------------------|
| + Coût financier DialUnit |
| \$13.33 |

| |
|---|
| Coût financier total estimé Dialog |
| \$350 |
| Coût horaire total estimé Dialog |
| 1 heure 30 |

Conclusions

La plupart des outils de recherche bibliographique, disponibles et cadrant avec le sujet, a été utilisée. Le pourcentage des références pertinentes est convenable, ce qui signifie que les équations de recherche ont bien ciblé les sources d'information potentielles.

La recherche ainsi effectuée a permis de collecter environ 140 références pertinentes dont une partie est la source des informations contenues dans la note de synthèse présentée ci-après. La convention adoptée pour les référencer dans la rédaction est la suivante : (n° de la référence telle qu'indexée dans la bibliographie).

Le coût total financier et horaire d'un tel travail est énorme, très difficile à estimer, une centaine d'heures de travail a été nécessaire.

NOTE DE SYNTHÈSE

I. Introduction

Le monde moderne produit des quantités énormes de déchets solides parmi lesquels les déchets d'origine industrielle et agricole, ainsi que les déchets domestiques. Les déchets agricoles et les ordures ménagères sont essentiellement constitués de matières organiques et sont donc biodégradables. En revanche, les déchets des industries métallurgiques, chimiques, nucléaires, ... renferment des résidus non biodégradables, voire inaltérables, et/ou des substances à toxicité importante.

La France produit chaque année environ 600 millions de tonnes de déchets dont 40 millions de tonnes de résidus urbains (220 millions de tonnes en 1993 aux Etats-Unis, et 37,5 millions en ex-URSS), 150 millions de tonnes de déchets industriels, 400 millions de tonnes de déchets produits par ou recyclés dans l'agriculture et les industries agro-alimentaires. Une telle quantité de déchets doit être gérée de façon à garantir l'intégrité de l'environnement. (90)

Ces déchets sont fédérateurs de pollutions diverses mais aussi source d'énergie et de matières premières. Des installations de traitement ont été étudiées dans le but de satisfaire à ces deux particularités. Outre la mise en décharge contrôlée, la mise en Déchetterie (nom déposé) ou l'incinération, il existe un moyen, récent dans son développement : le compostage. Ce procédé offre une solution de rechange intéressante à l'enfouissement. (101)

Le Consortium sur le développement du compostage au Québec, 1995, propose la définition du compostage suivante : « la technique du compostage est un procédé d'assainissement qui permet de diminuer par dégradation les volumes de matières organiques résiduelles, de les hygiéniser par procédé calorique et d'en réduire les odeurs ».

Différents modes opératoires se déclinent à partir d'un schéma général pour aboutir à diverses applications de cette biotechnologie. Le résultat final est, dans tous les cas, un produit stable, à l'odeur réduite et ayant le moins possible de pathogènes. Cette combinaison de propriétés fait du compostage un processus attrayant pour le recyclage de différents types de déchets organiques.

L'élimination des déchets doit être assurée dans des conditions favorisant la récupération des matériaux ou de l'énergie. Il s'agit d'en assurer l'élimination, d'en réduire la production et surtout de les valoriser. Récupération et valorisation sont des objectifs économiques essentiels. Les entreprises s'intéressent aujourd'hui à l'étude des possibilités de mise en place de moyens destinés à la collecte et la valorisation de leurs déchets industriels. (137)

II. Méthodes et techniques de compostage

Le compostage utilise la fermentation aérobie des ordures en vue de la préparation d'un compost utilisable comme amendement en agriculture. C'est l'un des processus de traitement les plus utilisés dans la transformation de déchets, valorisables par leur utilisation dans le secteur agricole. Il existe de nombreuses méthodes de compostage, en piles, statiques ou à aération passive ; sur plusieurs niveaux, aérés ou à aération forcée, jusqu'à des systèmes clos (bio-réacteurs). Selon la méthode utilisée, le produit final ne sera pas le même, en effet l'aération va jouer un rôle important durant le compostage, influençant, directement ou indirectement de nombreux paramètres tels que l'humidité, la température, la matière sèche,...

I. Les micro-organismes mis en jeu (133)

Le compostage est un processus aérobie complexe pendant lequel plusieurs sous-populations microbiennes se succèdent, chacune capable de dégrader des macromolécules différentes.

Bactéries

Elles représentent les plus petits et les plus nombreux micro-organismes intervenant dans le compostage. Elles sont responsables de la majeure partie de la décomposition et de la création de chaleur.

Actinomycètes

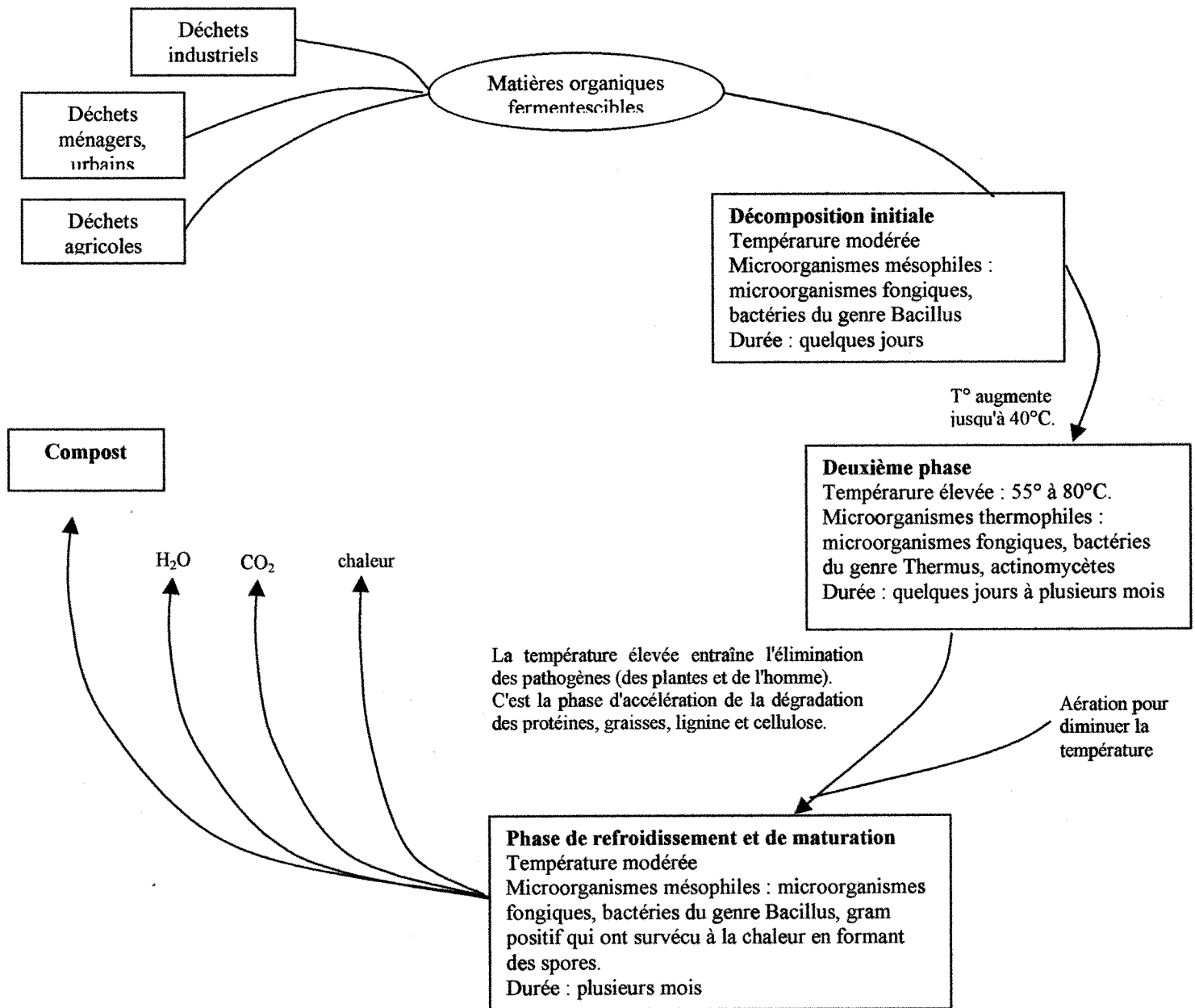
Ils dégradent cellulose, lignine, chitine et protéine. Leurs enzymes sont responsables de la dégradation de déchets résistants tels que journaux, écorces d'arbres,...

Micro-organismes fongiques (moisissures et levures)

Par la dégradation de nombreux polymères considérés comme débris résistants, ils permettent aux bactéries de continuer ce processus après l'élimination de la majeure partie de la cellulose et de la pectine. Ils peuvent détruire les résidus organiques trop secs, acides ou à teneur en azote trop faible pour la décomposition bactérienne.

2. Déroulement du compostage

Schéma synthétique (133)



Les paramètres fondamentaux

De nombreux paramètres interviennent dans le processus de biodégradation, parmi lesquels la disponibilité en substances nutritives, l'humidité, la température, la concentration en CO₂, le pH, la teneur en carbone organique et la concentration en oxygène. La qualité du compost dépend donc de ces paramètres.

C et N

Des travaux ont permis de déterminer les successions microbiennes grâce au suivi de l'augmentation de CO₂ en présence de matière facilement dégradable, puis celle de CH₄ pendant la phase de température élevée et enfin du N₂O après la diminution de la température. Les PLFA sont aussi utilisés pour ce suivi de manière à évaluer le progrès du traitement du matériel et de la maturité du produit. (53). Les matières organiques azotées sont responsables de la formation d'azote ammoniacal, nitreux et nitrique, qui avec le CO₂ forment des substances nutritives pour les micro-organismes. Le carbone et l'azote sont deux éléments importants du processus, notamment le rapport C/N qui diminue au fur et à mesure de la fabrication du compost, la minéralisation du carbone organique entraînant la consommation d'azote organique.

Le carbone se comporte comme la réserve d'énergie et représente 50 % de la masse des cellules microbiennes. L'azote est aussi un composant important des bactéries car il entre dans la composition des protéines. Les bactéries en ont donc besoin pour leur croissance, en cela il est un facteur limitant. Un bon équilibre s'opère lorsqu'il y a 25 à 30 atomes de carbone pour un atome d'azote. Ainsi, de nombreux micro-organismes peuvent réaliser leur croissance. A la fin du processus de compostage ce rapport n'est plus que de 10 pour 1, le carbone s'étant transformé en CO₂ et l'azote en NO₃, en particulier. La maturité et la stabilisation du produit final, le compost, sont en relation avec la minéralisation du carbone et de l'azote dans le sol. Les paramètres définissant le degré de maturité du produit final sont les suivants : température, rapport C/N, teneur en cendre, teneur en substances humiques et les fractions humiques et non humiques. En effet, rapport C/N, et teneur en cendre, changent de manière significative durant les 60 premiers jours pour atteindre un plateau. La teneur en acide humique augmente jusqu'à un maximum à 112 jours. (24)

Température

La température est un paramètre important, dont le contrôle permet d'optimiser la biodégradation. Le schéma ci-dessus montre que la succession microbienne est fortement corrélée aux variations de température. Le genre *Thermus* tient ainsi un rôle important dans la dégradation de la matière organique pendant la phase thermique du processus. Au-delà de 65°C., la respiration microbienne et la biodégradation sont fortement affectées. Des perturbations liées à des changements dans les mécanismes physico-chimiques sont aussi observées à ces températures élevées, troublant ainsi les ressources en azote. (107)

III. Applications pratiques du compostage

Parmi les divers déchets produits, ceux qui posent le plus de problèmes, hormis les déchets d'origine nucléaire qui font l'objet d'un traitement particulier, sont ceux des industries chimiques et métallurgiques, par leur production, dans des quantités importantes de déchets toxiques. Dans les années 1980, la France produisait chaque année 2 millions de tonnes de déchets toxiques. Le stockage de ces déchets dans des décharges contrôlées à ciel ouvert est un véritable problème, à l'échelle mondiale, du fait, notamment du lessivage de certains de ces résidus par les eaux de pluie conduisant à une pollution des nappes phréatiques. (101)

1. Applications liées à l'activité agricole

Le problème de certains résidus issus de l'agriculture est leur rapport C/N élevé les rendant difficiles à utiliser du fait de leur faible valeur économique et de leur volume excessif. Le compostage s'est révélé être le moyen idéal de valoriser ces résidus (à base de paille) par co-compostage ou par diminution du rapport C/N. (26)

L'usage massif des engrais chimiques, des pesticides, en agriculture représente une importante source de pollution. Le compostage est utilisé pour sa capacité à diminuer le taux de pesticides et de parasitocides dans les déchets traités. On parle de bioremédiation des boues, sols,... ainsi contaminés.

Des travaux sur l'herbicide 2,4D ont été menés pour connaître l'importance de sa minéralisation, son incorporation dans l'humus, sa sorption pendant le compostage. En effet, les résultats ont montré que la minéralisation du 2,4D avait lieu en même temps que celle de la matière organique. Le compost fini ne montre, en outre, qu'un faible pouvoir de lessivage du 2,4D. (77)

Le compost s'est donc avéré être un outil de traitement, d'assainissement des sols, des déchets tels que les différents fumiers, déchets de porcherie,... contaminés par des substances toxiques utilisées dans l'agriculture ou par leurs propres composants. Le compostage des fumiers permet leur stabilisation.

2. Applications liées aux activités industrielles et urbaines

L'activité humaine engendre une quantité de déchets énorme. Les stations d'épuration en traitent une partie mais elles produisent des boues qu'il faut, à leur tour, traiter. Le compostage est un moyen de les traiter, il s'est montré efficace notamment en ce qui concerne les graisses résiduelles issues des stations d'épuration et de l'industrie alimentaire. La dégradation et l'élimination de ces graisses sont possibles grâce aux bactéries lipolytiques qui sont en proportion plus grande durant les quinze premiers jours du compostage. (25)

De nombreux travaux ont porté sur le traitement par compostage des résidus, tels que les eaux usées issues du broyage d'olives. Les populations microbiennes dégradent la charge polluante de ces déchets.

De nombreuses autres applications du compostage sont possibles. La décontamination des sols en est une. Les explosifs (TNT), le pétrole, le chlorophénol, les métaux sont autant de contaminants de sols, toxiques pour les animaux, les plantes et les micro-organismes, que le compostage permet d'éliminer. Il s'agit de la bioremédiation des sols.

Les matières plastiques et les boues de la pâte à papier sont aussi des matières premières du compostage. Une partie du carbone des matières plastiques est incorporée dans la biomasse des micro-organismes ; en ce qui concerne les boues de papeteries on a pu observer une nette diminution de la teneur en cellulose après compostage.

C'est aussi grâce au compostage que la baie de Venise en Italie, souffrant d'eutrophisation par la production d'*Ulva rigida*, peut transformer la très grande quantité de cette algue (10 tonnes en masse sèche par an dont 70 à 90 % sont ainsi utilisés). Le résultat de ce compostage est un produit final de valeur et de haute qualité. (30)

Le traitement de certains des déchets mentionnés ici nécessite un co-compostage avec des cendres ou des résidus ligneux.

Tous les produits issus du compostage aspirent à être réutilisés de manière à rentabiliser le coût du compostage.

Il existe une forme de compostage individuel, surtout développé au Canada, aux Etats-Unis,...

IV. Vers un compostage économiquement rentable. La valorisation du produit final

La valorisation consiste à redonner une valeur marchande aux déchets, conduisant ainsi à des économies de matières premières et donc à la sauvegarde de l'environnement. La valorisation des déchets repose principalement sur la valorisation des matériaux, par le recyclage, et par les opérations de valorisation énergétique par laquelle les déchets sont utilisés comme combustibles pour produire de l'énergie (incinération,...) La Commission européenne a adopté, le 30 juillet 1996, une stratégie pour la gestion des déchets qui donne l'avantage au recyclage.

"Elle consacre le principe de la responsabilité du producteur, qui devra, dès le stade de la conception, faire en sorte que ses produits soient facilement recyclables." (128)

L'article premier de la loi n°90-1130 du 19 décembre 1990 porte sur la création d'un établissement de l'Etat dénommé « Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie », chargé d'actions notamment dans la limitation de la production, la récupération et la valorisation de déchets. L'agence poursuit, dans le secteur des activités agricoles et les industries agro-alimentaires, deux objectifs prioritaires :

- le développement du rôle de l'agriculture dans le traitement et l'élimination des déchets, à des conditions satisfaisantes quant à l'environnement et l'écotoxicologie
- la réduction des consommations énergétiques et des impacts environnementaux

(137)

1. Diversité des produits et résidus valorisables et leurs usages (126)

Les déchets d'origine industrielle

Boues de papeteries (le Royaume-Uni produit 700 000 tonnes de boues /an (113)), boues de désencrage, écorces, copeaux, bois, cendres, résidus agro-alimentaires,...

Les déchets d'origine municipale

Boues de station d'épuration, résidus alimentaires commerciaux,...

Les déchets d'origine agricole

Fumiers, engrais minéraux, résidus de récolte,...

Les usages du produit final

Dans le secteur agricole, le compost est utilisé dans les grandes cultures, l'horticulture, la culture sous serre, les pépinières, ... Mais il peut être utilisé aussi pour les aménagements forestiers, pour les activités de loisirs (terrains de golf, parcs municipaux, ...) et pour un usage domestique dans l'entretien des pelouses et des aménagements paysagers.

Le secteur agricole demeure donc le principal producteur et utilisateur de compost.

2. Utilisations du compost

Une réglementation de plus en plus stricte, concernant notamment les sous-produits des systèmes d'épuration, est devenue nécessaire autour de la valorisation agricole, en particulier au sujet des boues et de leur hygiénisation. L'article 14 de la Directive Européenne de 1991 stipule que « les boues

d'épuration sont réutilisées lorsque cela s'avère approprié (...). Le procédé de traitement biologique adopté pour cet effet est le compostage. Qu'il s'agisse de graisses et de boues de station d'épuration, de graisses d'origine industrielle, du secteur agro-alimentaire notamment ou de produits de curage, des solutions économiques et durables de valorisation ont été trouvées grâce au compostage. (72)

Il existe un moyen récent adapté tout particulièrement au traitement des boues d'épuration, mais aussi de la fraction fermentescible des déchets issus de la collecte séparative. Il s'agit du Thermopostage (terme déposé), dont la première installation est située à La Roche-sur-Foron. (32)

La valorisation agricole

La valorisation des déchets issus de l'agriculture par le compostage est une alternative dans la gestion des résidus qui peut être importante pour un développement durable des systèmes de récolte.

En France, la valorisation biologique des déchets est appelée à se développer de manière importante grâce à la politique nationale dont l'objectif est de faire en sorte qu'elle concerne 20 à 30 % des déchets ménagers. L'intérêt du compostage dans cette politique est que les déchets sont ramenés chez le consommateur sous la forme d'un produit de grande distribution. (83)

La fraction fermentescible des ordures ménagères peut être valorisée en agriculture après compostage. L'utilisation du compost ainsi produit a montré une amélioration du sol sablo-argileux, renouvelant la réserve en substances humiques du sol car l'hydrolyse et la minéralisation de la matière organique ont permis l'exportation de matières carbonées, azote (N organique, ammonium et nitrate), chlorures et sulfates. (121)

L'amélioration des sols, éprouvée en agriculture (les composts de fumiers sont d'excellents fertilisants pour les cultures céréalières), ainsi enrichis par des produits issus du compostage, a servi à leur utilisation dans la restructuration de sols appauvris des forêts alpines. On a découvert également au compost des propriétés contre l'érosion par l'eau de pluie des sols en pente.

Outre l'amélioration des sols, le compost peut être utilisé comme matériau de rempotage, comme engrais sur les terrains de golf,...

La bioconversion, transformation par les micro-organismes avec valorisation de divers déchets organiques en produits à valeur importante, peut avoir des répercussions économiques importantes. En Suède chaque 100 000 habitants produit une quantité de déchets organiques ayant une valeur économique considérable en N, P, K. Ainsi la fraction organique des déchets solides municipaux vaut \$600 000, les déchets organiques liquides \$900 000 et les boues d'épuration \$160 000. (41)

Ainsi un compost de bonne qualité améliore à la fois la consommation en O₂ du sol et la fixation de l'azote. Il est donc important, d'un point de vue économique, que contrôle de qualité et réglementation s'appliquent au compost et par là même au compostage.

V. Contrôle de qualité. Management environnemental

Selon la loi de 1975, est considéré comme déchet "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon". Cependant, la loi ne réglemente que les déchets "de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits ou des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement". Tout producteur ou détenteur de déchets doit en assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter ces effets. (101)

Le compostage est une technique, récente dans son développement, qui vient s'inscrire dans la lignée de la politique de maîtrise des risques industriels engagée dès le Congrès sur la Gestion Préventive du Risque Industriel (Paris, 15/10/96), sur la maîtrise des risques et la notion de risque acceptable. (69)

En France, la législation s'est renforcée avec l'élargissement de la liste des substances nocives aux déchets industriels banals (DIB) qui doivent être traités. Vingt-six millions de tonnes de déchets

ménagers ou d'autres sortes ont été produits en 1997 dont 6 % seulement ont été recyclés. Ce pourcentage devrait augmenter avec la généralisation de la collecte sélective. Le marché est en progression, des sociétés se spécialisent CGEA-Onyx, filiale de Vivendi, SITA, filiale de Suez-Lyonnaise des Eaux, Rhodia de Rhône-Poulenc ou Coved de Bouygues. Le marché représente 27 milliards de francs pour l'année 1997, +5 % en 1998, et va exploser du fait des contraintes réglementaires et fiscales (diminution de la TVA sur les collectes sélectives, tri et valorisation, augmentation des taxes sur l'incinération - polluante par le rejet de dioxines dans l'atmosphère - et la mise en décharge). Sans décharges (objectif 2002) il n'y aura plus d'autre possibilité que de traiter et valoriser les déchets. (112)

Comprendre le processus de compostage, notamment par le rapport C/N, permet de contrôler l'impact sur l'environnement. De nombreux paramètres interviennent dans le processus de compostage, responsables de son bon déroulement. Leur contrôle permet donc de maîtriser la qualité du produit final. Le compostage est devenu une voie très importante du contrôle des déchets en Europe, le compost de haute qualité est généralement requis.

1. Les problèmes du compostage (130)

De façon générale, les problèmes liés au compostage sont les suivants :

- Techniques de compostage méconnues
- Absence de tri sélectif à la source, mauvaise qualité des déchets
- Odeurs
- Contaminants
- Métaux lourds : Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg
- Matières inertes : métaux, plastique, verre, matières synthétiques,...
- Déchets domestiques dangereux
- Bactéries (*Listeria*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Mycobacterium*,...), virus entériques, protozoaires (*Cryptosporidium*, *Giardia*,...) (98)
- Lixiviats, biogaz

Les stations de compostage peuvent induire des problèmes d'odeurs. Ces problèmes peuvent être résolus en partie par le contrôle de certains paramètres tels que la température et l'aération. Des travaux menés sur la réduction d'odeurs ont montré que l'utilisation de lignite pour le compostage de fumier permet d'obtenir des piles de compost sans odeur. (45)

Les odeurs sont initiées, lors de la première phase, par les alcools et les éthers d'acide carbonique de la dégradation anaérobie. Pendant la phase thermophile du compostage ce sont les composés soufrés qui génèrent des odeurs. Enfin, l'ammonium est le responsable de ces émanations dans la dernière phase du compostage. (99)

Le compostage étant dû à l'action de micro-organismes, dont certains sont pathogènes, présents dans les déchets frais, les répercussions sur la santé sont à prendre en compte.

La survie de *Salmonella* et d'*Escherichia coli* a été étudiée pendant le compostage aérobie de déchets. Les résultats des expériences menées ont montré qu'il n'existait pas de réelle corrélation entre la température ou la durée de température élevée pendant le compostage avec la destruction des pathogènes. L'élimination de ces micro-organismes est complexe et ne résulte pas que de l'environnement thermique. (18)

Pendant les dix dernières années, un nombre croissant de sites de recyclage a été construit en Europe et aux Etats-Unis, durant cette même période plusieurs cas de maladies respiratoires ont été détectées parmi les ouvriers de l'industrie du recyclage de déchets ménagers. Des mesures sur la qualité de l'air dans ou à proximité de stations de compostage ont montré qu'il existait un risque microbiologique aéroporté. La réglementation européenne porte aussi sur la protection de la manipulation des substances biologiques. Il existe en effet une importante contamination de ces sites par les bactéries, endotoxines, spores de micro-organismes fongiques et poussières. Les risques sont présents aussi au niveau de la population en général par l'ingestion, par les enfants, de sol ayant reçu du compost, l'inhalation de poussières organiques de compost dispersées dans l'atmosphère, la

contamination à travers la chaîne alimentaire est faible mais des auteurs anticipent sur l'accumulation de polluants après plusieurs années. (34) Les micro-organismes responsables de ces bioaérosols sont, en premier lieu, les actinomycètes thermophiles, pour leurs spores, et *Aspergillus fumigatus*. L'inquiétude réside en outre sur les effets de l'azote et du phosphore sur la qualité de l'eau, les problèmes d'odeur et la qualité de l'air.

Aux Etats-Unis, l'agence de protection de l'environnement (EPA) U.S. Environmental Protection Agency (EPA) a entrepris une étude des pathogènes dans une station de compostage. Les tests effectués ont montré la présence de coliformes fécaux. L'origine de ces micro-organismes n'est pas déterminée, il paraît donc improbable que ces observations soient dues à une contamination du site. (76)

D'autres mesures ont été faites autour d'une station de compostage pour évaluer les émissions de microbes et d'endotoxines (bactéries aérobies, staphylocoque, coliformes et bactéries Gram-). Le résultat obtenu n'a révélé aucune augmentation significative de la concentration microbienne par rapport aux concentrations de l'air ambiant, dans une distance de plus de 500 m. Seules de très faibles concentrations d'endotoxines ont été détectées en dehors du site de compostage. (31) Donc seuls les ouvriers des stations de compostage semblent être exposés.

Des méthodes de mesure standardisées sont indispensables pour assurer l'évaluation du risque microbiologique encouru par les ouvriers et les habitants du voisinage. Des mesures de sécurité, sur le plan hygiénique, semblent d'ores et déjà indispensables au vu des mesures effectuées sur le compost frais et l'air

2. La distribution du compost (83)

Le compost, en tant que produit de grande consommation, ne peut exister qu'après avoir reçu l'aval du consommateur, or le consommateur veut des garanties quant à la qualité. L'avenir du compostage repose donc sur la normalisation de ce produit final, voire celle de la compostabilité des produits de consommation.

La norme française actuelle sur les amendements organiques (NFU 44051) date de décembre 1981 et régit les teneurs minimales en matières et azote organiques (éléments fertilisants : N, P, K, Mg, Ca) et les teneurs maximales en azote total. De plus, l'analyse des teneurs en métaux lourds Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, As, Mo est obligatoire pour les producteurs et importateurs de tels produits. Les risques de présence de germes pathogènes pour l'homme et les animaux, et les risques de présence de phytotoxiques pour les cultures doivent être surveillés par des prélèvements. Mais aucun test agronomique, d'éco ou phytotoxicité du produit n'est prévu par cette norme qui doit donc être révisée.

Le contrôle de la qualité des produits et leur gestion en fonction de leur composition à l'entrée des usines de compostage semblent être indispensables à la durabilité du compostage.

La qualité totale est l'objectif du management environnemental avec la norme ISO 14001 (publiée en 1996) qui correspond à la diminution des nuisances (odeurs, ...) et la réglementation européenne sur les éco-audits (adoptée en 1993). Dans cet objectif, l'Afaq (Association Française pour Assurance Qualité) propose des accords de reconnaissance mutuelle entre les différents pays). (37)

Pour une qualité totale, le contrôle du traitement des résidus organiques doit être effectué à tous les stades : (127)

- Collecte séparative
- Installations des stations de traitement
- Production du compost
- Commercialisation
- Relations publiques
- Applications
- Distribution du produit
- Politique, législation

En ce qui concerne l'éco-audit européen, 2 141 sites étaient enregistrés en septembre 1998, la France occupe la huitième position avec 21 sites certifiés, loin derrière l'Allemagne (1625). Pour les certifications ISO 14001, en septembre 1998, 5700 organismes étaient certifiés, la France est à la douzième place avec 113 sites, derrière les pays anglo-saxons et asiatiques. (137)

En matière de management environnemental la France accuse donc un retard important, néanmoins la situation évolue :

Evolution des tonnages valorisés par voie biologique en France, en milliers de tonnes : (138)

| | 1993 | 1995 | 1996 |
|--|--------|--------|--------|
| Déchets collectés (service public) | 33 341 | 35 425 | 37 204 |
| Déchets valorisés par voie biologique | 1 658 | 2 066 | 2 364 |

3. La compostabilité (83)

La compostabilité est déterminée en fonction de quatre critères. Ces critères sont la teneur en métaux lourds et matières organiques, teneur qui doit être inférieure de moitié à la concentration maximum autorisée par la réglementation européenne, et celle de matière organique qui doit être supérieure à 50 % de la matière sèche totale. Ceci afin d'éviter l'introduction de matériaux inertes sans valeur agronomique. Le deuxième de ces critères est la biodégradabilité du produit. Elle doit être complète, c'est à dire que le carbone doit être transformé dans sa totalité en CO₂ hormis la part destinée à la constitution de la biomasse. Il est à noter que les matériaux naturels non modifiés ne sont pas touchés par ce critère. La désintégration est le troisième critère de compostabilité. Elle correspond à l'évolution physique du compost. Enfin, la qualité intervient comme quatrième critère. La composition physico-chimique du compost est analysée afin de mesurer sa teneur en sels, des tests de phytotoxicité et de croissance sur les plantes sont effectués.

La norme de compostabilité est ainsi déterminée pour garantir l'innocuité du produit et sa qualité. Cependant, elle s'applique surtout aux emballages, qui ne contiennent que très rarement des métaux lourds.

VI. Conclusions

La valeur potentielle du déchet organique peut lui redonner une vie. En effet, les déchets peuvent être réutilisés, en tant que matière première, dans diverses applications. Les déchets organiques solides et liquides, ainsi que les résidus, sont revalorisés grâce au compostage par leur transformation en fertilisants.

La gestion des déchets doit, pour être pleinement efficace, s'appliquer dès le stade de développement ou de conception du produit et sur l'ensemble du cycle de vie de ce produit ; de sa conception à son élimination, en passant par la collecte, la réutilisation et le recyclage.

La politique européenne de l'environnement donne la priorité à la prévention, suivie par la valorisation puis par la minimisation de l'élimination finale (mise en décharge, incinération,...)

Selon la Commission Européenne, "les opérateurs économiques sont encouragés à fixer des objectifs quantitatifs de réduction et de valorisation des déchets au niveau des unités de production.", "lorsque la production de déchets ne peut être évitée, il faut que ces déchets soient valorisés". (128)

Cependant, le compostage souffre d'un difficile paradoxe, celui du traitement et de la valorisation des déchets. Valorisation qui doit se faire sans que ces déchets soient, à leur tour, source de pollution. Il s'agit donc de maîtriser la qualité du produit issu de la régénération.

A l'ère des activités agricoles et industrielles propres, le compostage est une biotechnologie en développement, mais la France accuse un réel retard, notamment pour ce qui est des ordures ménagères, par rapport à l'Italie, l'Allemagne et les Etats-Unis.

L'utilisation des composts pour l'amendement des sols agricoles est un marché considérable mais qui n'est appliqué qu'à 2 % de la surface cultivée. (112)

Grâce au compostage, le développement industriel ne se fait plus au détriment de l'environnement.

A l'horizon 2005-2007, la situation s'oriente désormais vers une stagnation globale de la capacité d'incinération, par ailleurs modernisée, et une diminution de la quantité de déchets mis en décharge au profit de la récupération de matériaux et du traitement biologique. (138)

BIBLIOGRAPHIE

1. • Adding value to composted manure, *Biocycle*, Vol.36, No.3, 1995 pp. 61-62.
2. •AL-DAHER, R.; AL-AWADHI, N.; EL-NAWAWY, A., et al.- Bioremediation of damaged desert environment using the windrow soil pile system in Kuwait .- *Environment International*, Vol.24, No1-2, 1998, pp. 175-180.
3. •ALIX, C-M.- Retrofits curb biosolids composing odors. .- *Biocycle*, Vol.39, No.6, 1998 pp. 37-39.
4. •ANON.- Alison Austin Senior Manager: Sainsbury's environmental Management Department .- *Environ. Bus. Mag.*, No.25, Jan.1997, p. 11.
5. • Around the states: composting air agency, seattle composter seek agreement over air emissions fine .- *Solid Waste Report*, Vol.28, No.48, 04 Dec.1997,
6. •ATKINSON, C-F.; JONES, D-D.; GAUTHIER, J-J.- Biodegradabilities and microbial activities during composting of oxidation ditch sludge .- *Compost Science & Utilization*, Vol.4, No.1, 1996, pp. 84-96.
7. •ATKINSON, C-F.; JONES, D-D.; GAUTHIER, J-J.- Microbial activities during composting of pulp and paper-mill primary solids .- *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Vol.13, No.5, 1997, pp. 519-525.
8. •AVERDIEK, B.; DEININGER, C.; ENGELHART, S, et al.- Determination of atmospheric workplace concentrations of biological agents. First interlaboratory trial moulds . .- *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, Vol.57, No.4, 1997 pp. 129-136.
9. •BASTIAN, R-K.- Biosolids management in the United States .- *Water Environ. Technol.*, Vol.9, No.5, 1997, pp. 45-50.
10. •BEFFA, T.; BLANC, M.; LYON, P-F.; et al.- Isolation of *Thermus* strains from hot composts (60 to 80 degrees C) .- *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.62, No.5, 1996, pp. 1723-1727.
11. •BENGTSSON, A-A.; QUEDNAU, M.; HASKAA, G.; et al. Composting of oily sludges - degradation, stabilized residues, volatiles and microbial activity .- *Waste Manage. Res*, Vol.16, No.3, 1998, pp. 273-284.
12. •BENNETT, J-W.; HOLLRAH, P.; WATERHOUSE, A.; et al. Isolation of bacteria and fungi from TNT-contaminated composts and preparation of super(14)C-ring labeled TNT .- *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol.35, No.4, 1995, pp. 421-430.
13. •BERNAL, M-P.; NAVARRO, A-F.; SANCHEZ-MONEDERO, M-A.; et al. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil .- *Soil Biol. Biochem*, Vol.30, No.3, 1998, pp. 305-313.
14. •BOELENS, J.; DE-WILDE, B.; DE-BAERE, L.- Comparative study on biowaste definition : Effects on biowaste collection, composting process and compost quality .- *Compost Science & Utilization*, Vol.4, No.1, 1996, pp. 60-72.
15. •BONNEN, A-M.; ANTON, L.; ORTH, A-B.- Lignin-degrading enzymes of the commercial button mushroom, *Agaricus bisporus*. .- *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.60, No.3, 1994, pp. 960-965.
16. •BOYLE, C.D.- Development of a practical method for inducing white-rot fungi to grow into and degrade organopollutants in soil .- *Can. J. Microbiol./Rev. Can. Microbiol*, Vol.41, No.4-5, 1995, pp. 345-353.

17. •BREITUNG, J.; BRUNS-NAGEL, D.; GEMSA, D.; et al. Bioremediation of 2,4,6-trinitrotoluene-contaminated soils by two different aerated compost systems .- *Applied Microbiology and biotechnology*, Vol.44, No.6, 1996, pp. 795-800.
18. •BRINTON, W-F.; DROFFNER, M-L.- Survival of E. coli and Salmonella populations in aerobic and thermophilic composts as measured with DNA gene probes .- *Zentralblatt Fur Hygiene Und Umweltmedizin*, Vol.197, No.5, Jun.1995, pp. 387-397.
19. •BRINTON, W-F-Jr.; DROFFNER, M-W.- Microbial approaches to characterization of composting processes .- *Compost Science & Utilization*, Vol.2, No.3, 1994, pp. 12-17.
20. •BROWN, K-W.; THOMAS, J-C.; WHITNEY, F.- Fate of volatile organic compounds and pesticides in composted municipal solid waste .- *Compost Science & Utilization*, Vol.5, No.4, 1997, pp. 6-14.
21. •CEGARRA, J.; PAREDES, C.; ROIG, A.; et al.- Use of olive mill wastewater compost for crop production .- *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol.38, No3-4, 1996, pp. 193-203.
22. •CHANG, CH-T.; LIN, K-L.- Wood processing wastes recovery and composted product field test .- *Air & Waste Management Association 90. Annual Meeting [np]*, 1997,
23. •CHAO, H-M.- European activities on composting of disposable products .- *Journal of Environmental Science and Health Part A Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance Control*, Vol.31, No.4, 1996, pp. 825-843.
24. •CHEFETZ, B.; HATCHER, P-G.; HADAR, Y.; et al.- Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipla solid waste .- *Journal of Environmental Quality*, Vol.25, No.4, 1996, pp. 776-785.
25. •CHENNOUF, S.; MOUREY, A.; KILBERTUS, G.- Biodegradation of lipids and review of lipolytic microflora in composts .- *Bulletin des Académies et Société Lorraines des Sciences*, Vol.34, No.4, 1995, pp. 197-211.
26. •CHURCHILL, D-B.; HORWATH, W-R.; ELLIOTT, L-F.; et al.- Low-input, on-farm composting of high C:N ratio residues .- *American Journal of Alternative Agriculture*, Vol.11, No.1,1996, pp. 7-9.
27. • Co-composting process and apparatus for treating solid waste and sewage sludge, 1996
28. •COOK, B-D.; BLOOM, P-R.; HALBACH, T-R.- Biodegradation and bioremediation .- *Journal of Environmental Quality*, Vol.26, No.3, 1997, pp. 618-625.
29. •COOPERBAND, L-R.; MIDDLETON, J-H.- Changes in chemical, physical and biological properties of passively-aerated cocomposted poultry litter and municipal solid waste .- *Compost Science & Utilization*, Vol.4, No.4, 1996, pp. 24-34.
30. •CUOMO, V.; PERRETTI, A.; PALOMBA, I.; et al.- Utilisation of *Ulva rigida* biomass in the Venice Lagoon (Italy) : Biotransformation in compost .- *Journal of Applied Phycology*, Vol.7, No.5, 1995, pp. 479-485.
31. •DANNEBERG, G.; GRUENEKLEE, E.; SEITZ, M.; et al.- Microbial and endotoxin immissions in the neighborhood of a composting plant .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, pp. 169-173.
32. •DEGREMONT Les sous-produits de l'épuration des eaux ne sont plus un danger pour l'environnement .- *Plaquette publicitaire informative*,
33. •DELUCA, T-H.,; DELUCA, D-K.- Composting for feedlot manure management and soil quality .- *Journal of Production Agriculture*, Vol.10, No.2, 1997, pp. 235-241.
34. •DEPORTES, I.; BENOIT-GUYOD, J-L.; ZMIROU, D.- Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: A review .- *Sci. Total Environ*, Vol.172, No.2-3, 1995, pp. 197-222.
35. •DOHI, Y.- Biodegradable plastics in a new stage. Biodegradability in a new stage. .- *Kagaku Keizai*, Vol.44, No.3, 1997, pp. 18-21, Fig.1, Tab.2, Ref.5,.
36. •DRIESEL, A-J.- There is a lack of analytical methods. .- *Entsorga-Magazin*, Vol.14, No.12, 1995, pp. 28-31.
37. •E., L.- Certifications qualité et environnement : La qualité totale en point de mire .- *Informations Chimie, dossier Chimie et Qualité*, No.376, Mar.1996, pp. 65-68.

38. ●EGHBALL, B.; POWER, J-F.; GILLEY, J-E.; et al.- Nutrient, carbon, and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure .- *Journal of Environmental Quality*, Vol.26, No.1, 1997, pp. 189-193.
39. ●EVERED, C-E.; NOBLE, R.; ATKEY, P-T.- Microbial populations and straw degradation in mushroom composts prepared in controlled environments. .- *Conference Title: Mushroom Science XIV, Volume 1. Proceedings of the 14th international congress on the science and cultivation of edible fungi, Oxford, UK, 17-22 Sep. 1995*, pp. 245-250.
40. ●FELTON, C-C.; DE GROOT, R-C.- The recycling potential of preservative-treated wood .- *J. For. Prod.*, Vol.46, No.7-8, 1996, pp. 37-46.
41. ●GAJDOS, R.- Bioconversion of organic waste by the year 2010 : to recycle elements and save energy .- *Resources conservation and recycling*, Vol.23, No.1-2, 1998, pp. 67-86.
42. ●GAJDOS, R.- Product-oriented composting from open to closed bioconversion systems. .- *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae - Agraria*, No.68, 1997, pp. 7-144.
43. ●GALLI, E.; PASETTI, L.; FIORELLI, F.; et al.- Olive-mill wastewater composting: Microbiological aspects .- *Waste Manage. Res.*, Vol.15, No.3, 1997, pp. 323-330.
44. ●GELLENS, V.; BOELENS, J.; VERSTRAETE, W.- Source separation, selective collection and in reactor digestion of biowaste .- *Antonie Van Leeuwenhoek Int .J. Gen. Mol. Microbiol.*, Vol.67, No.1, 1995, pp. 79-89.
45. ●GEORGACAKIS, D.; TSAVDARIS, A.; BAKOULI, J.; et al.- Composting solid swine manure lignite mixtures with selected plant residues .- *Bioresource Technology*, Vol.56, No.2-3, 1996, pp. 195-200.
46. ●GIES, G.- Developing compost standards in Europe .- *Biocycle*, Vol.38, No.10, Oct. 1997, pp. 82-83.
47. ●GREHAN, D-M.; DODD, V-A.; DENNISON, G-J.- An experimental assessment of greenwaste compost for horticultural applications .- *J. Solid Waste Technol. Manage.*, Vol.23, No.1, 1996, pp. 28-33.
48. ●HAY, J-C.- Pathogen destruction and biosolids composting .- *Biocycle*, Vol.37, No.6, June 1996, pp. 67-72,74+.
49. ●HEIDA, H.; BARTMAN, F.; VAN DER ZEE, S-C.- Occupational exposure and indoor air quality monitoring in a composting facility .- *Am. Ind. Hyg. Assoc.*, Vol.56, No.1, 1995, pp. 39-43.
50. ●HELDAL, K.; EDUARD, W.; BERGUM, M.; et al.- Bioaerosol exposure during handling of source separated household waste .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, pp. 47-51.
51. ●HELLMANN, B.; ZELLES, L.; PALOJARVI, A et al.- Emission of climate-relevant trace gases and succession of microbial communities during open-windrow composting .- *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.63, No.3, 1997, pp. 1011-1018.
52. ●HELM, M. ; HOEGL, D. ; GRONAUER, A.- Process dynamics at the composting of biowastes. .- *Entsorgungspraxis*, No.5, 1996, pp. 35-40,42.
53. ●HERRMANN, R-F.; SHANN, J-F.- Microbial community changes during the composting of municipal solid waste .- *Microb. Ecol.*, Vol.33, No.1, 1997, pp. 78-85.
54. ●HORWATH, W-R.; ELLIOTT, L-F.- Microbial C and N dynamics during mesophilic and thermophilic incubations of ryegrass. .- *Biology and Fertility of Soils*, Vol.22, No.1-2, 1996, pp. 1-9.
55. ●HORWATH, W-R.; ELLIOTT, L-F.; CHURCHILL, D-B.; et al.- Process regulating grass straw composting .- *Conference Title: The science of composting: part 1*, 1996, pp. 627-636.
56. ●INSAM, H.; MERSCHAK, P.- Nitrogen leaching from forest soil cores after amending organic recycling products and fertilizers .- *Waste Manage. Res.*, Vol.15, No.3, 1997, pp. 277-292.
57. ● Interim air quality standard issued as work on others proceeds .- *Eco-Log Week*, Vol.25, No.47, 28 Nov.1997.
58. ●JACKSON, M-J.; LINE, M-A.- Windrow composting of a pulp and paper mill sludge : Process performance and assessment of product quality .- *Compost Science & Utilization*, Vol.5, No.3, 1997, pp. 6-14.

59. ●**JACKSON, M-J.; LINE, M-A.**- Composting pulp and paper mill sludge - Effect of temperature and nutrient addition method .- *Compost Science & Utilization*, Vol.5, No.1, 1997, pp. 74-81.
60. ●**JAGER E; RUDEN H; ZESCHMARLAHL B.**- Composting facilities .2. Communication - airborne microorganisms at different working places at composting facilities .- *Zentralblatt Fur Hygiene Und Umweltmedizin*, Vol.196, No.4, Dec.1994, pp. 367-379.
61. ●**JAGER, E.; ECKRICH, C.; MIDTGARD, U.; et al.**- Hygienic aspects of biowaste composting .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, pp. 99-105.
62. ●**JAKOBSEN, S.T.**- Aerobic decomposition of organic wastes 2. Value of compost as a fertilizer .- *Resour., Conserv. Recycling*, Vol.13, No.1, 1995, pp. 57-71.
63. ●**JARVIS, A.-S.; McFARLAND, V.-A.; HONEYCUTT, M.-E.**- Assessment of the effectiveness of composting for the reduction of toxicity and mutagenicity of explosive-contaminated soil .- *Ecotoxicol Environ Saf*, Vol.39, No.2, Feb.1998, pp. 131-135.
64. ●**KAPANEN, A.; ITAVAARA, M.**- Ecotoxicology and composting. Literature review. .- *Conference Title:Komposti ja ekotoksikologia. Kirjallisuuskatsaus. VTT Tiedotteita*, No.1888 51 pp.
65. ●**KHAN, M-A.; AZIZ, K-M-S.**- Effects of windrow composting on the bacterial population of sewage sludge .- *Bangladesh Journal of Microbiology*, Vol.12, No.1-2, 1995, pp. 31-35.
66. ●**KINDZIERSKI, W-B.; GABOS, S.**- Health effects associated with wastewater treatment, disposal and reuse .- *Water Environ. Res*, Vol.68, No.4, 1996, pp. 818-826.
67. ●**KOSTOV, O.; TZVETKOV, Y.; PETKOVA, G.; et al.**- Aerobic composting of plant wastes and their effect on yield of rye-grass and tomatoes .- *Biology and Fertility of Soils*, Vol.23, No.1, 1996, pp. 20-25.
68. ●**LAINE, M-M.; JOERGENSEN, K-S.**- Effective and safe composting of chlorophenol-contaminated soil in pilot scale .- *Environ. Sci. Technol*, Vol.31, No.2, 1997, pp. 371-378.
69. ●**LES INGENIEURS DE L'INDUSTRIE ET DES MINES-ORGANISATION COLLOQUES ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL.**- La gestion préventive du risque industriel .- *Actes de conférences*, 15 Oct.1996
70. ●**LIER, J-J-C. VAN; GINKEL, J-T. VAN; STRAATSMA, G; et al.**- Composting of mushroom substrate in a fermentation tunnel: compost parameters and a mathematical model. .- *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Vol.42, No.4, 1994 pp. 271-292.
71. ●**LOPEZ-REAL, J.; BAPTISTA, M.**- A preliminary comparative study of three manure composting systems and their influence on process parameters and methane emissions .- *Compost Science & Utilization*, Vol.4, No.3, 1996, pp. 71-82.
72. ●**LYONNAISE DES EAUX-AMAZONE** *Gestion des sous-produits de l'assainissement* .- Plaque publicitaire informative,
73. ●**MALMROS, P.**- Occupational Health Problems Associated with Increased Recycling of Household Waste .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, p7(3).
74. ●**MATTEAU, Y.; RAMSAY, B.**- Active compost biofiltration of toluene .- *Biodegradation*, Vol.8, No.3, 1997, pp. 135-141.
75. ●**MAYNARD, A-A.**- Protecting groundwater while recycling nutrients .- *Biocycle*, Vol.35, No.5, 1994 p. 40.
76. ●**MECKES, M.C.; RICE, E.W.; JOHNSON, C.H.; ROCK, S.**- Assessment of the bacteriological quality of compost from a yard waste processing facility .- *Compost Science & Utilization*, Vol.3, No.3, 1995, pp. 6-13.
77. ●**MICHEL, F-C-Jr.; REDDY, C-A.; FORNEY, L-J.**- Microbial degradation and humification of the lawn care pesticide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid during the composting of yard trimmings .- *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.61, No.7, 1995, pp. 2566-2571.
78. ●**MICHEL, F-C-Jr.; REDDY, C-A.; FORNEY, L-J.**- Fate of carbon-14 diazinon during the composting of yard trimmings .- *Journal of Environmental Quality*, Vol.26, No.1, 1997, pp. 200-205.
79. ●**MIDTGARD, U.; POULSEN, O-M. (EDS).**- Occupational safety and health in waste collection and recycling: The CORE research program .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, pp. 21-26.

80. ●MILLNER, P-D.; OLENCHOCK, S-A.; EPSTEIN, E. ; et al.- Bioaerosols associated with composting facilities .- *Compost Science & Utilization*, Vol.2, No.4, 1994, pp. 8-57.
81. ●MIZUSHIMA, S. ; YAMABE, S.- Development of Spraying Foundation Material of Slope Greening Utilized Cut Grass Compost .- *Nihon Doro Kodan Shiken Kenkyujo Hokoku(Nihon Doro Kodan Research Institute Report)*, Vol.34, 1997, pp. 151-157, Fig.9, Tab.7, Ref.9.
82. ●MONDINI, C.; CHIUMENTI, R.; DA-BORSO, F.; et al.- Changes during processing in the organic matter of composted and air-dried poultry manure .- *Bioresource Technology*, Vol.55, No.3, 1996, pp. 243-249.
83. ●MORTGAT, B.- Valorisation biologique : A quelle norme vouer le compost ? .- *Environnement et technique*, Vol.174, 1998, pp. 42-46.
84. ●NASR, F-A.- Treatment and reuse of sewage sludge .- *Environmentalist*, Vol.17, No.2, 1997, pp. 109-113.
85. ●NEGRO, M-J.; SOLANO, M-L.- Laboratory composting assays of the solid residue from the flocculation of oil mill wastewater with different lignocellulosic residues .- *Compost Science & Utilization*, Vol.4, No.4, 1996, pp. 62-71.
86. ●NIELSEN, B-H.; WUERTZ, H.; BREUM, N-O.; et al.- Microorganisms and endotoxin in experimentally generated bioaerosols from composting household waste .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, pp. 159-168.
87. ●NOBLE, R.; FERMOR, T-R.; EVERED, C-E.; et al.- Bench-scale preparation of mushroom substrates in controlled environments. .- *Compost Science & Utilization*, Vol.5, No.3, 1997, pp. 32-43.
88. ●NOBLE, R.; GAZE, R-H.- Controlled environment composting for mushroom cultivation: substrates based on wheat and barley straw and deep litter poultry manure. .- *Journal of Agricultural Science*, Vol.123, No.1, 1994 pp. 71-79.
89. ●NORIN, E.- Aerobic thermophilic digestion - technique and applications. .- *Vatten*, Vol.51, No.3, 1995, pp. 227-234.
90. ●NOZHEVNIKOVA, A-N.; LIFSHITZ, A-B.; LEBEDEV, V-S.; et al.- Emission of methane into the atmosphere from landfills in the former USSR .- *Chemosphere*, Vol.26, No.1-4, 1993, pp. 401-417.
91. ●O'BRIEN, T.; BARKER, A-V.- Evaluation of fresh and year-old solid waste-composts for production of wild flower and grass sods on plastic .- *Compost Science & Utilization*, Vol.3, No.4, 1995, pp. 69-77.
92. ●OKAMOTO, L.; MINATO, K.; UEMATSU, M.; et al.- Effects of temperature and aeration on microflora during liquid composting of dairy cattle slurry .- *Journal of Rakuno Gakuen University Natural Science*, Vol.21, No.2, 1997, pp. 185-191.
93. ●OLVER, W-M-Jr.- The *Aspergillus fumigatus* problem .- *Compost Science & Utilization*, Vol.2, No.1, 1994, pp. 27-31.
94. ●OOMEN, G-J-M.; VERSCHUUR, C-M.; SCHIERE, J-B.- Digestion versus composting of straw and hay : Effects on composition of biomass residues .- *Netherlands Journal : Agricultural Science*, Vol.43No.3, 1995, pp. 313-319,
95. ●PAGGA, U.; BEIMBORN, D-B.; YAMAMOTO, M.- Biodegradability and compostability of polymers-test methods and criteria for evaluation .- *Journal of Environmental Polymer Degradation*, Vol.4, No.3, 1996, pp. 173-178.
96. ●PALMISANO, A-C.; BARLAZ, M-A. (EDS).- *Microbiology of solid waste*.- Boca Raton, FL (USA) : Lewis Publishers, 1996 240 pp.
97. ●PANAY, C.- Urban waste sorting and multicomposting. Case study of the urban community of Creusot-Montceau (France).; Le tri et le multi-compostage. Le cas de la communauté urbaine Creusot-Montceau .- *Tech. Sci. Methodes. Genie Urbain-Genie Rural*, 1995, pp. 129-132.
98. ●PELL, A-N.- Manure and microbes : Public and animal health problem? *Journal of Dairy Science*, Vol.80, No.10, 1997, pp. 2674-2681.
99. ●POEHLE, H.; KLICHE, R.- Emission of odour substances from composting processes .- *Zentralblatt fuer Hygiene und Umweltmedizin*, Vol.199, No.1, 1996, pp. 38-50.

100. •PRATS, A.- Système de management environnemental .- *Informations Chimie, dossier Chimie*, No.397, Avr.1998, pp. 103-105.
101. •RAMADE, F.; BOURRINET P.; REMOND-GOUILLOUD M.; et al.- Pollution .- *Encyclopaedia Universalis*, Vol.18, pp. 572-596.
102. •RAO, BHAMIDIMARRI, S-M.; PANDEY, S-P.; KHANNA, P.;et al.- Aerobic thermophilic composting of piggery solid wastes .- *Appropriate Waste Management Technologies for Developing Countries*, Vol.33, No.8, 1996, pp. 89-94.
103. •RICHARDS, B-K.; PEVERLY, J-P.; STEENHUIS, T-S.; et al.- Effect of processing mode on trace elements in dewatered sludge products .- *Journal of Environmental Quality*, Vol.26, No.3, 1997, pp. 782-788.
104. •RITTER, W-F.; SCARBOROUGH, R-W.- A review of bioremediation of contaminated soils and groundwater .- *Journal of Environmental Science and Health Part A Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance Control*, Vol.A30, No.2, 1995, pp. 333-357.
105. •RODRIGUES, A-M.; FERREIRA, L-J.; FERNANDO, A-L.; et al.- Co-composting of sweet sorghum biomass with different nitrogen sources .- *Bioresource Technology*, Vol.54, No.1, 1995, pp. 21-27.
106. •ROEPSTORFF, V.; SIGSGAARD, T.- The cytotoxic potential of household waste during composting .- *Waste Manage. Res*, Vol.15, No.2, 1997, pp. 189-196.
107. •SAVOIE, J-M.; OLIVIER, J-M.; LABORDE, J.- Changes in nitrogen resources with increases in temperature during production of mushroom compost .- *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Vol.12, No.4, 1996, pp. 379-384.
108. •SCHLEIFF, G.; DORN, W.- Hygienic-bacteriologic evaluation of methods for production of dry poultry feces manure .- *Zentralblatt Fur Hygiene Und Umweltmedizin*, Vol.199, No.5, Feb.1997, pp. 475-495.
109. •SCIANCELEPORE, V.; COLANGELO, M.; SORLINI, C.; et al.- Composting of effluent from a new two-phases centrifuge olive mill. Microbial characterization of the compost .- *Toxicol. Environ. Chem*, Vol.55, No.1-4, 1996, pp. 145-158.
110. •SEDE Le compostage des sous-produits organiques .- *Plaquette publicitaire informative*,
111. •SEMPLÉ, K-T.; WATTS, N-U.; FERMOR, T-R.- Factors affecting the mineralization of [U-(14)C]benzene in spent mushroom substrate .- *FEMS-Microbiology-Letters*, Vol.164, No.2, 1998, pp. 317-321.
112. •SEROUSSI, S.; BONDY, J-Ph.- Législation et fiscalité traquent les déchets - La guerre des filières n'aura pas lieu - Le difficile paradoxe du traitement et de la valorisation des déchets .- *La Tribune de l'Innovation*, 04 Nov.1998 pp. 27-28.
113. •SESAY, A-A.; LASARIDI, K.; STENTIFORD, E.; et al.- Controlled composting of paper pulp sludge using the aerated static pile method .- *Compost Science & Utilization*, Vol.5, No.1, 1997, pp. 82-96.
114. •SHINDIA, A-A.- Studies on pectin-degrading fungi in compost .- *Egyptian Journal of Microbiology*, Vol.30, No.1, 1995, pp. 85-99.
115. •SPONGBERG, A-L.; THOMAS, J-C.; BROWN, K-W.- Laboratory scale in-vessel composter designed for volatile emissions analysis .- *Journal of Environmental Quality*, Vol.25, No.2, 1996, pp. 371-373.
116. •STARNECKER, A.; MENNER, M.- Assessment of biodegradability of plastics under simulated composting conditions in a laboratory test system .- *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol.37, No.1-2, 1996, pp. 85-92.
117. •STIPANUK, DAVID M.; NINEMEIER, JACK D.- The future of the U.S. lodging industry and the environment. (includes related articles on hospitality firm's environmental policies) .- *Cornell Hotel & Restaurant Administration Quarterly*, Vol.37, No.6, Dec.1996, pp. 74(12).
118. •SWINKER, A-M.; TANNER, M-K.; JOHNSON, D-E.; et al.- Composting characteristics of three bedding materials. .- *Journal of Equine Veterinary Science*, Vol.18, No.7, 1998 pp. 462-466.

119. •TOMATI, U.; GALLI, E.; FIORELLI, F.; et al.- Fertilizers from composting of olive-mill wastewaters .- *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol.38, No.3-4, 1996, pp. 155-162.
120. •Traitement des boues .- *Achats environnement*, No.1, Nov.1998, p. 13.
121. •VALENTIN N.- *Traitement des déchets urbains par pressage et compostage : Etude de l'évolution de la matière organique et de la spéciation des métaux en traces au cours du traitement et après valorisation en agriculture.*- Thèse de doctorat : Aix-Marseille 1, 1996.
122. •VAN YPEREN, H-R.; RUTTEN, A-L-M.; MIDTGARD, U.; et al.- Health risks due to exposure to biological agents during removal of organic waste. A survey of gaps in knowledge .- *Annals Agric Environ Medicine*, Vol.4, No.1, 1997, pp. 39-43.
123. •VAN ZWIETEN, L.; TYLER, A-L.; ANDERSEN, L.; et al.- Remediation of acaricide solutions in cattle tick dips to minimise soil and environmental contamination. II - Bioremediation .- *Land Contam. Reclam*, Vol.5, No.4, 1997, pp. 343-348.
124. •WONG, J-W-C.; FANG, M.; LI, G-X.; et al.- Feasibility of using coal ash residues as CO-composting materials fo sewage sludge .- *Environ. Technol*, Vol.18, No.5, 1997, pp. 563-568.
125. •WONG, J-W-C.; LI, S-W-Y.; WONG, M-H.- Coal fly ash as a composting material for sewage sludge: Effects on microbial activities .- *Environ. Technol*, Vol.16, No.6, 1995, pp. 527-537.

Références issues de sites internet

126. • *Bilan des matières récupérées et recyclées au Québec. Fiches d'information techniques : le compostage* [on line] Available from internet : <URL:http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca >
127. • BARTH, J.; KROEGEL, B. *Composting and Quality Assurance in Europe.* [on line]. Germany : INFORMA, Bionet, 09/1997 Available from internet : <URL:http://www.bionet.net >
128. • *Bilan et perspectives : des progrès à confirmer* [on line] Available from internet : <URL:http://www.eis.be >
129. • *The Six Steps of the Bedminster Process* [on line] Available from internet : <URL:http://www.bedminster.com >
130. • *Why measure compost? -More details on composting* [on line] Available from internet : <URL:http://www.morgansci.com >
131. • *Compost and Yard Waste Management Process* [on line] Available from internet : <URL:http://www.skbin.com >
132. • *Composting* [on line] Available from internet : <URL:http://www.corvallis.disposal.com >
133. • *Why composting?* [on line] Available from internet : <URL:http://www.cfe.cornell.edu >
 TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost microoganisms.
 Cornell compost. Oct.1998
 RICHARD, T.; TRAUTMANN, N. The Science and Engineering of Composting.
134. •[on line] Available from internet : <URL:http://www.suez-lyonnaise-eaux.fr >
135. •[on line] Available from internet : <URL:http://www.sita.fr >
136. •[on line] Available from internet : <URL:http://www.monticello.avenue.gen.va.us >
137. •[on line] Available from internet : <URL:http://www.ademe.fr >
138. •[on line] Available from internet : <URL:http://www.environnement.gouv.fr >