



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère de l'Écologie
et du Développement Durable

Document de travail

ETUDES – METHODES – SYNTHESSES



LE TRAITEMENT BIO-MÉCANIQUE DES DÉCHETS : AVANTAGES, INCONVÉNIENTS, COÛTS ET JEUX D'ACTEURS

SÉRIE SYNTHÈSES
06 – S01

Site internet : <http://www.ecologie.gouv.fr>
20 avenue de Ségur – 75302 Paris 07 SP

Ce document de synthèse, commandité par la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale, a été rédigé par **Maud TAUVEL**, étudiante à l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.

Responsable D4E : Olivier ARNOLD



ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS

ENGREF

ENGREF Centre de Montpellier
B.P. 44494 – 34093 MONTPELLIER CEDEX 5
Tél. (33) 4 67 04 71 00
Fax (33) 4 67 04 71 01

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent.
L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

SOMMAIRE

I – Description des MBT

1. Définition
2. Les différentes technologies MBT
3. Les ambiguïtés du terme
4. L'offre actuelle
5. L'économie du MBT

II – Les moteurs du développement des MBT

1. Aspects réglementaires : la directive 1999/31/CE concernant la mise en décharge des déchets
2. Aspects environnementaux : limitation des effets négatifs dus au stockage de déchets fermentescibles
3. Aspects sociaux : acceptabilité de la filière
4. Aspects économiques
5. Le développement des MBT à l'étranger

III – Les freins au développement des MBT

1. Aspects économiques : les coûts et les débouchés
2. Impacts environnementaux
3. Aspects réglementaires

IV – Intégration dans une gestion globale de traitement des déchets

1. A l'amont : collecte sélective
2. Le traitement
3. A l'aval : enfouissement et incinération
4. A qui sont destinés les MBT ?

Annexe 1 : table des matières

Annexe 2 : bibliographie

Annexe 3 : liste des documents de travail publiés

RÉSUMÉ

Le traitement bio-mécanique des déchets (MBT) regroupe différents procédés de traitement des déchets ménagers qui associent des traitements mécaniques comme le criblage ou le broyage à des traitements biologiques de type compostage ou méthanisation. Les fractions obtenues sont fonction des techniques utilisées : compost, biogaz, combustible, divers matériaux recyclables, fraction stabilisée biologiquement pouvant être mise en décharge. Juridiquement, ces différents produits conservent leur statut de déchets.

Les technologies MBT traitent aujourd'hui 8,5 Mt de déchets dans une quinzaine de pays, essentiellement en Europe. Elles sont en fort développement, puisque les capacités devraient être portées à environ 13 Mt de déchets. Les MBT se sont développées dans certains Etats Membres (Espagne, Italie, Allemagne) principalement sous l'impulsion de la directive européenne sur la mise en décharge. En limitant les quantités de matières organiques admissibles en décharge, elle favorise les technologies MBT. En outre, le refus croissant des populations de l'incinération pousse les autorités compétentes à trouver de nouvelles filières. Enfin, des arguments économiques (flexibilité des technologies MBT en cas de faible tonnage à traiter...) sont également mis en avant, ainsi que des avantages environnementaux (limitation des émissions de gaz à effet de serre dues au stockage de matière organique).

En revanche des réticences émanant principalement du secteur privé invoquent son manque de sécurisation économique, en raison de la difficulté à trouver des débouchés pérennes aux différentes fractions obtenues à partir des MBT. Or, l'existence de ces débouchés apparaît comme une condition nécessaire au développement des MBT. Par ailleurs, les MBT ne sont pas une solution ultime pour traiter les déchets, des quantités significatives de résidus doivent être stockés. La diminution des quantités de matière organique enfouies n'est que partielle, ce qui limite l'intérêt environnemental. Enfin les incertitudes réglementaires qui planent sur les MBT et le statut juridique des déchets/produits qui en sont issus, n'encouragent pas leur développement.

Finalement, l'intérêt des MBT dans un système de gestion globale des déchets est de minimiser les impacts environnementaux liés à la destination finale des déchets biodégradables et de donner une valeur ajoutée au déchet initial en isolant les matériaux réutilisables et l'énergie qu'il contient. Il n'en reste pas moins que le recours aux MBT doit être réfléchi en fonction du contexte local, et notamment en fonction des débouchés possibles pour les produits qui en sont issus.

La directive 1999/31/CE concernant la mise en décharge des déchets impose aux Etats membres de réduire la quantité de déchets biodégradables mis en décharge. Pour répondre à cette directive, les pays ont développé des stratégies basées sur des techniques et des outils réglementaires différents. En France, l'importance de la filière incinération permettra de respecter facilement les objectifs européens, mais plusieurs pays ont décidé de développer la filière du traitement biomécanique.

I – DESCRIPTION DES MBT

1. Définition

Le procédé biomécanique au sens large ou traitement mécano biologique (en anglais, mechanical biological treatment ou MBT) traite les déchets en isolant mécaniquement certaines parties et en traitant biologiquement d'autres. La fraction résiduelle est de fait réduite, plus stable et plus apte à être utilisée. Une définition plus stricte limite les MBT aux procédés en milieu fermé, qui permettent d'avoir une maîtrise totale des émissions diffuses.

Les MBT regroupent en réalité plusieurs types de procédés mécaniques et biologiques, qui peuvent être combinés de plusieurs façons, permettant d'atteindre des objectifs variés.

1.1. Traitements mécaniques

Ils permettent une séparation mécanique des différentes fractions contenues dans le déchet en des fractions potentiellement réutilisables et/ou qui peuvent subir un traitement biologique.

Les procédés utilisés sont les suivants (Kuehle-Weidemeier, 2004) :

- Séparation et broyage des inertes
- Séparation des fractions hautement calorifiques en vue d'une utilisation comme combustible, notamment par criblage et séparation par l'air
- Séparation des matériaux recyclables, notamment par des séparateurs magnétiques
- Désintégration et homogénéisation du déchet pour le traitement biologique, par broyage et mélange.

1.2. Traitements biologiques

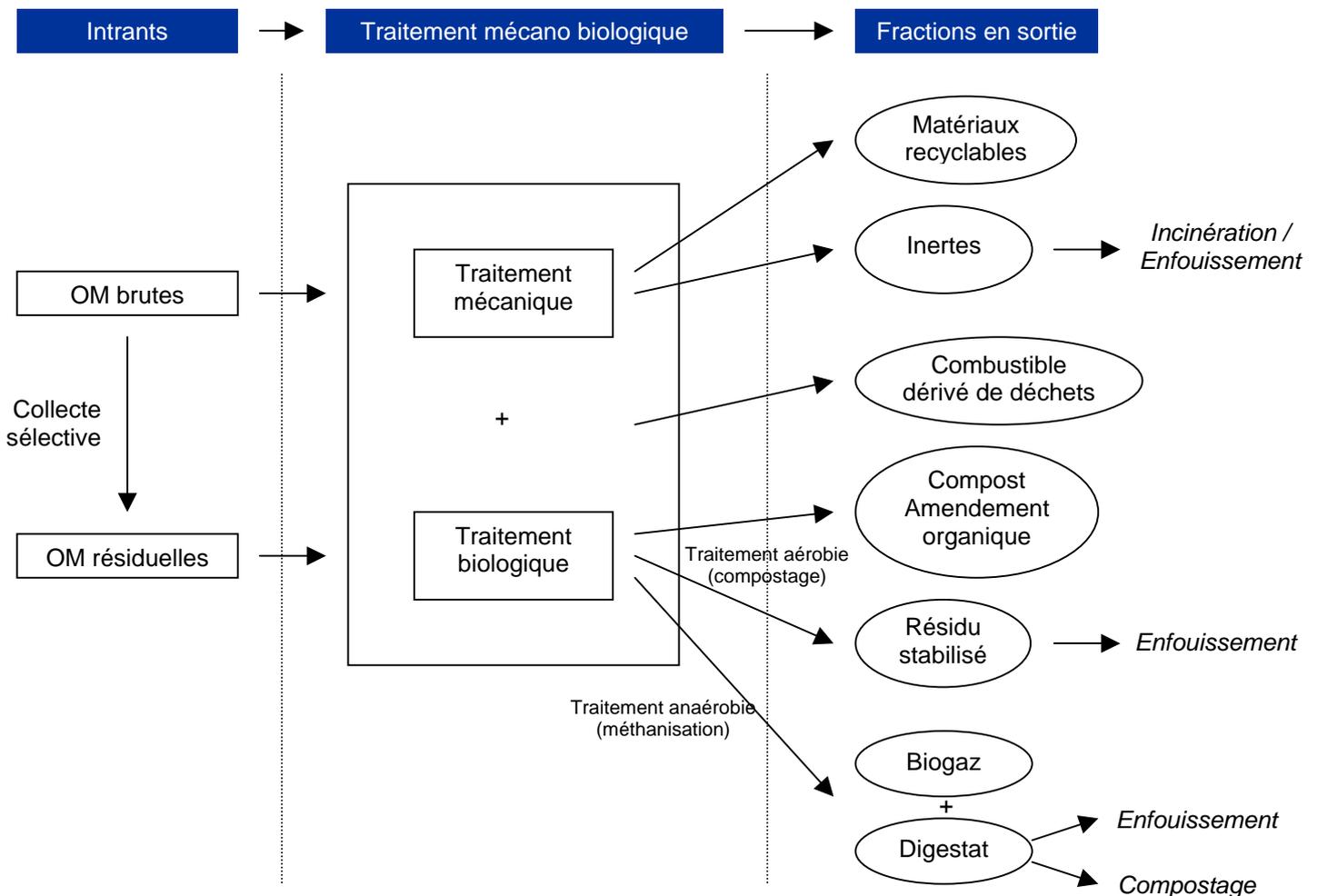
Ils transforment la partie biodégradable en compost et/ou en biogaz et/ou en fraction stabilisée biologiquement :

- Traitement aérobie : la méthode classique consiste en des andains recouverts, retournés de temps en temps. Mais on peut également avoir recours à de l'aération forcée, avec des retournements fréquents et des andains placés en tunnel de compostage, ce qui permet un traitement plus rapide et le contrôle des émissions (Kuehle-Weidemeier, 2004).

- Traitement anaérobie (méthanisation) : deux types de digestion peuvent être réalisées :
 - × Prise en charge de l'ensemble du flux de déchets qui est traité biologiquement. L'avantage est l'utilisation du potentiel complet de production de méthane.
 - × Prise en charge uniquement de la partie fine, le reste (qui contient très peu de substances dégradables par procédé anaérobie) allant directement en traitement aérobie (Kuehle-Weidemeier, 2004).

Les deux types de traitement biologiques peuvent être utilisés seuls ou en combinaison.

Figure 1 : Les fractions issues des traitements biomécaniques.



2. Les différentes technologies MBT

2.1. Utilisation des MBT

Les MBT, au même titre que les autres techniques de traitement des ordures ménagères (OM) résiduelles (pyrolyse, gasification, bioréacteur...), ont pour objectif d'augmenter les taux de valorisation des OM et de diminuer les volumes à éliminer par incinération ou enfouissement et leurs impacts environnementaux (Greenpeace Environmental Trust, 2003).

Les usines de MBT vont différer en fonction de deux facteurs principaux :

- le type de déchets à traiter (déchets ménagers bruts, déchets ménagers résiduels, c'est-à-dire après collecte sélective, mélange avec des boues de station d'épuration)
- la destination finale des différentes fractions obtenues (enfouissement, traitement thermique, récupération d'énergie).

2.2. Les fractions issues des MBT

Selon les filières de traitement retenues, les procédés MBT permettent d'isoler des matériaux recyclables et de produire une fraction hautement énergétique qui peut servir de combustible (combustible dérivé de déchets ou RDF), du biogaz, et/ou du compost et/ou un résidu stabilisé. La gamme des matières possibles est donc assez variée et les technologies MBT doivent donc être choisies en fonction de celles que l'on souhaite obtenir. Il est important de noter que, sur le plan juridique, tout déchet transformé par MBT garde son statut de déchet.

La Figure 1 résume les différentes fractions possibles en sortie de MBT. Différentes utilisations peuvent en être faites (Tableau 1).

Tableau 1 : Principaux débouchés pour les fractions issues des MBT.

Fractions	Applications / Débouchés
Compost	Fertilisant, amendement organique pour cultures ou jardins ; sur les sites pollués
Combustible solide	Co-combustible dans des usines de production d'énergie, dans des cimenteries, combustible dans des incinérateurs spécifiques
Biogaz	Production d'électricité, combustible, mélange avec d'autres gaz
Résidu stabilisé	Mise en décharge

3. Les ambiguïtés du terme

Le terme MBT regroupe de nombreuses technologies, qui diffèrent réellement les unes des autres. De fait, de nombreuses confusions sont faites sur la signification du terme.

Dans ce rapport, on parlera des MBT au sens large, c'est-à-dire des traitements qui associent une étape mécanique à un traitement biologique, et dont les objectifs sont de minimiser les impacts environnementaux liés à l'élimination finale des déchets et d'obtenir une valeur ajoutée à partir du déchet initial par le recyclage de certains matériaux. Le cas échéant, il sera fait mention dans le texte d'un procédé particulier.

4. L'offre actuelle

Les technologies MBT peuvent s'appliquer aux déchets ménagers non triés ou aux OM résiduelles. Les équipements sont en conséquence adaptés au type de déchets entrant.

Sur les 27 entreprises auditionnées par Juniper Consultancy Services Ltd en tant que fournisseurs de procédé MBT (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a), on compte 80 usines de traitement biomécanique opérationnelles, soit une capacité de traitement de plus de 8,5 millions de tonnes par an. Ces entreprises ont actuellement en projet 43 usines, ce qui devrait porter la capacité de traitement à 13 millions de tonnes par an en 2006.

L'Espagne, l'Italie, l'Autriche et l'Allemagne font partie des pays les plus avancés sur les MBT, mais plusieurs pays européens ont maintenant recours à ces technologies (Figure 2). Les procédés développés par ces entreprises ont plusieurs applications (Tableau 2).

Figure 2 : Capacités de traitement biomécanique par pays (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

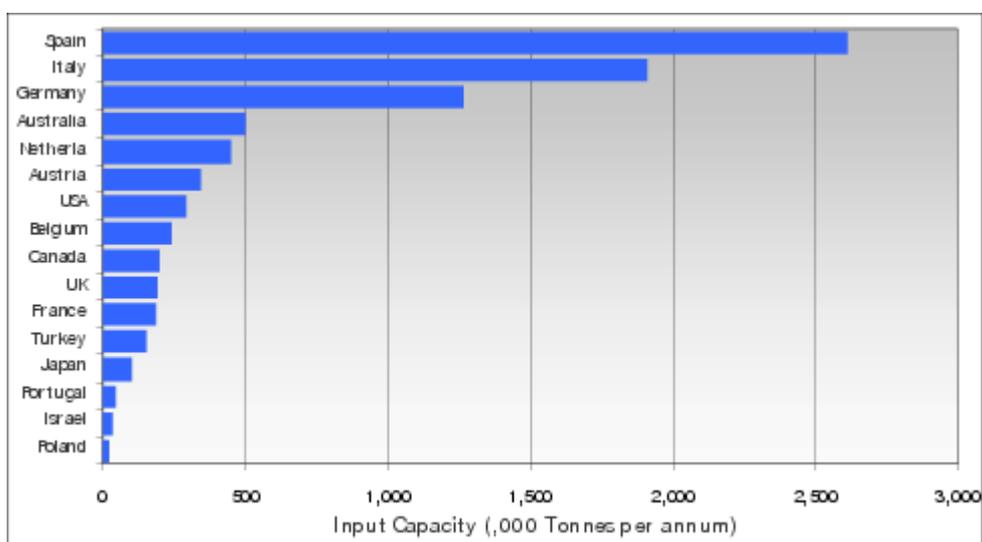


Tableau 2 : Capacités de traitement en fonction de la fraction principale obtenue (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Fraction principale / débouché	Capacité de traitement (milliers t/an)	Capacité de traitement (%)
Compost et amendement organique	2700	31
Biogaz	2500	29
Résidu stabilisé pour mise en décharge	2200	25
Combustible	1300	15

La capacité des unités de MBT en place est comprise entre 10 000 t/an et 250 000 t/an (Friends of the Earth, 2004), avec une majorité d'usines de capacité inférieure à 100 000 t/an (Tableau 3). Aucune installation n'a été construite à une échelle comparable à celle des plus grands incinérateurs (plus de 500 000 t/an).

Tableau 3 : Capacité des installations MBT existentes (Juniper Consultancy Services, 2005a).

Capacité en t/an	< 50 000	De 50 000 à 100 000	De 100 000 à 200 000	> 200 000
Proportion d'usines (%)	22	38	26	14

5. L'économie du MBT

De manière générale, il y a peu de données disponibles sur le sujet, et notamment en France où il existe très peu d'installations MBT.

5.1. Coûts d'investissement

Deux usines de tonnages différents, utilisant des technologies différentes dans des contextes différents ne vont absolument pas avoir les mêmes coûts d'investissement. Il est donc très difficile de les comparer (Greenpeace Environmental Trust, 2003). A noter de plus qu'il y a peu de données disponibles sur ce point, les entreprises ne souhaitant pas toujours fournir ce type de données. Il semble cependant qu'ils sont en général plus faibles que ceux de l'incinération (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Tableau 4 : Coûts d'investissement et d'exploitation de fournisseurs de MBT (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005b).

Fournisseur	Type de process	Echelle (t/an)	Coûts d'investissements (millions €/an)	Coûts d'exploitation (€/t)
Bedminster	Traitement aérobie dans des réacteurs rotatifs	200 000	70	47
Civic	Compostage en réacteur fermé	90 000	19,5 à 22,5	52,5 à 90
Global Renewables	Percolation et compostage	200 000	52 à 67	60 à 90
Hese	Digestion anaérobie en 2 étapes	112 000	45	
ISKA	Percolation, digestion anaérobie et compostage	150 000	40	70
Linde	Compostage et digestion anaérobie	140 000	36	
SBI	Digestion anaérobie	220 000	38	90
SRS	Compostage en réacteur fermé	26 000	3,75	52,5 à 60
VKW	Compostage	75 000	16,5	
VKW	Compostage	150 000	27	

A titre indicatif, le coût d'investissement de l'usine de pré-traitement biologique (installation MBT visant à stabiliser biologiquement les déchets avant enfouissement) de Mende, qui peut recevoir 30 000 t/an a été de 4.5 millions € (Llinas L., 2005) ; le traitement mécano biologique en projet à Angers Loire Métropole, basé sur 91 000 t/an à traiter dont la moitié partant en méthanisation après la préparation, a été estimé à 25 millions € (Bader C., 2006). Greenpeace Environmental Trust évalue pour sa part le coût d'une usine recevant 100 000 t/an à presque 45 millions d'euros (Greenpeace Environmental Trust, 2003).

Le Tableau 4 donne quelques chiffres pour des usines à l'étranger.

5.2. Coûts d'exploitation

Le coût d'un traitement par MBT serait de l'ordre de 45 à 90 €/t (Tableau 4). Sur l'usine de Mende, il s'élève à 80 € HT/t (coût global comprenant les transferts, le traitement en usine et le stockage) (Llinas L., 2005). Une étude d'avant-projet pour le SYTRAD (unité prévoyant la production de compost et de combustible) a estimé les coûts de traitement au maximum à 90 €/t (Poncelet F., 2005).

Ils varient fortement en fonction des pays (Tableau 5), car la nature des déchets est hétérogène et les technologies de traitement proposées sont très variées.

Tableau 5 : Prix de traitement par MBT (Dunet et al., 2004).

	France	Allemagne	Pays-Bas	Espagne	Angleterre et Pays de Galle
Prix de traitement MBT (€/t)	80	80-100	80-100	30-35	45-90

Les coûts de traitements varient en effet considérablement du fait de la grande flexibilité et de la diversité de traitements qu'ils englobent. Par ailleurs, ils diffèrent également en fonction de la qualité des déchets entrants et du type de produits (Tableau 6). Par exemple, une installation qui produirait du biogaz utilisé pour faire de l'électricité et qui arriverait à trouver pour le digestat un débouché qui ne lui coûte rien verrait ses coûts de traitement diminuer de 3.5 à 40 €/t. En revanche, si une installation n'arrive pas à trouver de marché pour son compost et qu'elle doit l'enfouir, on constate un surcoût allant de 10 à 38 €/t.

Tableau 6 : Impact des produits sur les coûts d'exploitation (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Produits	Impact sur les coûts de traitements (€/t de déchets entrants)
Métaux ferreux	De - 3 à - 6
Aluminium	De - 3.5 à - 6
Plastiques	De - 3.5 à + 7.5
RDF	De - 2 à + 40
Biogaz	De - 40 à - 3.5
Compost et amendements organiques	De - 3.5 à + 37
Résidu stabilisé à enfouir	De + 10 à + 38

II – LES MOTEURS DU DÉVELOPPEMENT DES MBT

1. Aspects réglementaires : la directive 1999/31/CE concernant la mise en décharge des déchets

Les objectifs de cette directive sont des pourcentages de déchets municipaux biodégradables mis en décharge par rapport aux quantités totales de déchets municipaux biodégradables produits en 1995.

Pour les respecter, les Etats membres doivent se tourner vers des technologies qui permettent de détourner les déchets de l'enfouissement.

L'incinération est une méthode possible pour éviter la mise en décharge, solution qui est d'ailleurs retenue en France, où les technologies MBT sont peu développées. Mais plusieurs Etats membres ont choisi de développer ou du moins d'étudier la possibilité d'avoir recours à des technologies alternatives comme les MBT, qui permettent de réduire de façon importante les quantités de déchets biodégradables enfouis (Remond G., 2005).

En Allemagne, la réglementation nationale a même été plus loin que ce qu'imposait la directive : il a ainsi été mis en place des seuils maximaux en carbone organique total (COT) en entrée de décharge (5 %), ce qui explique le fort développement des MBT dans ce pays (Budka A. et Martin I., 2005 et Lagier T. et Redon E., 2005). De tels seuils ont également été mis en place en Autriche (seuils en entrée de décharge sur le taux de COT, le PCI, le test respirométrique à 4 jours et la production de gaz à 21 jours) (Hébé I., 2005a).

2. Aspects environnementaux : limitation des effets négatifs dus au stockage de déchets fermentescibles

La diminution par pré-traitement biologique de la fraction organique contenue dans les déchets permet aussi de limiter les impacts environnementaux liés au stockage des déchets. On observe ainsi (Sidaine J.M., 2003) :

- Une réduction de la formation de gaz en décharge. Même si le biogaz doit être capté dans un centre de stockage, il existe encore des sites qui en laissent échapper des quantités importantes. Les premiers résultats d'une expérience menée par le CREED sur un site pilote semblent montrer que les déchets pré-traités biologiquement produisent encore du biogaz après 2 ans d'enfouissement, mais la production est très rapide, le casier pilote ayant presque épuisé son potentiel de production de méthane au bout des 2 ans (Lagier T. et Redon E., 2005).
- Une diminution de la pollution organique des eaux d'infiltration et de ce fait, une limitation du coût de nettoyage et évitement de l'entartrage des conduites de décharge.
- Une réduction des phénomènes de tassement ce qui limite les risques d'endommagement d'installations techniques (systèmes d'étanchéité, conduites etc.).
- Une suppression du dégagement de chaleur qui peut endommager les systèmes d'étanchéité.

Ainsi en Autriche où la filière MBT est bien développée, ce choix de filière a été essentiellement basé sur le souhait de ne pas laisser aux générations futures des risques liés à la décharge (Hébé I., 2005a).

De fait, un pré-traitement biologique avant enfouissement est plutôt mieux perçu des populations et des associations environnementales.

Notons enfin que les intérêts environnementaux rejoignent les aspects réglementaires : la directive sur la mise en décharge a été notamment motivée par la volonté de réduire les émissions de biogaz en provenance des centres de stockage.

3. Aspects sociaux : acceptabilité de la filière

Les problèmes qui sont apparus sur les incinérateurs (dioxines notamment) ont rendu l'incinération particulièrement impopulaire aux yeux des usagers. De manière générale, les projets de centres de stockage ou d'incinérateurs sont souvent bloqués par des associations écologistes (Rémond G., 2005). Les politiques cherchent donc autant que possible à éviter les incinérateurs (Lagier T. et Redon E., 2005, Llinas L., 2005 et Poncelet F., 2005). Cela a entraîné un regain d'intérêt pour des techniques alternatives, dont font partie les MBT (Greenpeace Environmental Trust, 2003, Budka A. et Martin I., 2005).

De même, l'échec du compostage sur ordures ménagères brutes, dû principalement à la difficulté d'obtenir des produits de qualité, favorise le développement des MBT (Chalot F., 2005 et Gal A., 2005) : la partie mécanique du traitement doit permettre de préparer au mieux le matériel qui sera traité biologiquement (Greenpeace Environmental Trust, 2003).

4. Aspects économiques

4.1. Flexibilité des techniques

Les collectivités qui ont retenu la solution MBT mettent en avant son avantage économique par rapport à l'incinération en cas de faibles tonnages : les unités de MBT sont plus petites et plus flexibles (Lagier T. et Redon E., 2005) et elles peuvent supporter des variations saisonnières de quantités de déchets entrants (Llinas L., 2005). La construction d'unités de petite taille permet par exemple d'éviter le coût de transport des déchets sur de grandes distances (Friends of the Earth, 2004).

4.2. Allongement de la durée de vie des centres de stockage

Le pré-traitement biologique, qui vise à une stabilisation des déchets avant enfouissement, permet d'une part une perte de masse due à une diminution de la matière organique et de la teneur en eau et d'autre part d'augmenter la densité des déchets enfouis. Ainsi, le volume à enfouir peut être réduit de 50 à 60 % et le tonnage de 19 à 35 % par rapport à des déchets non pré-traités (Ademe, 2001). Par exemple, des expériences menées sur l'usine de pré-traitement biologique des OM résiduelles du SMITOM de Launay-Lantic (Morvan B. et al., 2004) ont montré que les flux mis en décharge pouvaient être réduits de 58,6 % sur brut, grâce à une valorisation par production de compost (34 % du brut), à une récupération de ferrailles (0,89 %) à une perte de matière en fermentation de 27,2 % sur brut (dont 3,5 % d'eau rajoutée).

La durée de vie des sites de stockage peut ainsi être prolongée grâce au pré-traitement amont effectué, d'où une économie pour la collectivité qui n'a pas besoin de construire de nouveaux centres de traitement (Rémond G., 2005).

Toutefois, les déchets issus de MBT étant « stabilisés », ils perdent moins de volume après leur stockage que des déchets « bruts ». L'allongement de la durée de vie des décharges s'en trouve d'autant réduit.

4.3. Importance des débouchés

Certaines applications des MBT peuvent offrir des débouchés intéressants sur le marché.

Ainsi les MBT pourraient être une alternative à la fermeture des unités de compostage d'OM brutes dont le compost ne trouve pas de débouchés. Dans ce contexte, le marché potentiel pourrait être important (Dunet D. et al., 2004). De plus, si on souhaite conserver un objectif de valorisation biologique des déchets, le coût de la reconversion de l'ancienne unité de compostage peut être moins important que celui associé à la mise en place d'une collecte sélective de biodéchets qui seraient compostés (Ademe Délégation Bretagne et al., 2001).

Par ailleurs, un amendement organique de faible valeur peut quand même être intéressant si le prix payé pour le débouché est inférieur à celui de la mise en décharge : cela peut notamment être le cas en foresterie, en aménagement paysager, sur les sites pollués, ou dans des régions arides (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Enfin, les combustibles produits par les MBT sont peu coûteux et peuvent être produits en grande quantité et toute l'année, contrairement à d'autres types de combustibles, ce qui peut rendre ce débouché intéressant : leur utilisation dans les cimenteries pourrait notamment être importante (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

5. Le développement des MBT à l'étranger

Les pays qui utilisent le plus les technologies MBT ne sont pas influencés par les mêmes facteurs :

- L'Espagne s'est orientée vers les MBT produisant des amendements organiques, notamment en vue d'améliorer les terres arides, et du biogaz (Coste E., 2005).
- En Italie, les débouchés sont préférentiellement l'enfouissement ou la production de combustible, et ce dans le but d'éviter l'incinération. Dans le cas de l'enfouissement, il y a souvent un pré-traitement biologique qui permet de limiter la formation d'odeurs pendant le stockage (Coste E., 2005).
- L'Allemagne a choisi les mêmes débouchés que l'Italie, également pour éviter l'incinération et parce que l'enfouissement de déchets biodégradables a été fortement réduit par les seuils mis en place en entrée de décharge (Budka A. et Martin I., 2005).
- En Autriche, le développement des MBT est principalement dû à des aspects réglementaires (mise en place de seuils sur le taux de MO et sur le PCI en entrée de décharge) (Hébé I., 2005a).

III – LES FREINS AU DÉVELOPPEMENT DES MBT

1. Aspects économiques : les coûts et les débouchés

1.1. Existence de débouchés sur le marché pour les fractions issues des MBT

Le risque principal vient de la difficulté à obtenir des marchés stables et de long terme pour les fractions issues des MBT, ce qui dissuade les privés de développer le secteur. Mais tous les types de MBT ne présentent pas les mêmes risques en terme de marché. Les matières présentant le plus de risques sont le compost, les amendements organiques et les RDF (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Dans le cas du compost, le principal enjeu réside en la qualité du produit. Le marché est peu enclin à absorber ce type de compost pour plusieurs raisons (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a) :

- pollution visuelle par certains objets (plastiques...) mal perçue des consommateurs ;
- présence de contaminants et de métaux lourds plus importante que dans le compost de déchets verts, d'où une réticence des industries agroalimentaires sur l'utilisation de ces produits en grandes cultures. Il faut donc veiller à ce que la collecte sélective en amont empêche la présence de déchets dangereux de petite taille telle que les piles dans le déchet résiduel qui sera traité par MBT (Lagier T., et Redon E., 2005) ;
- pas de certification pour le moment ;
- de manière générale très forte concurrence avec le compost de déchets verts et de biodéchets, perçu comme de meilleure qualité (Le Boulanger P., 2005). Une étude sur la valorisation de la matière organique des déchets ménagers réalisée sur 3 syndicats bretons a montré que les débouchés pour le compost de ces 3 syndicats issu d'un traitement mécano biologique étaient de 42 000 t/an (réhabilitation de sites dégradés, voies de communication et cultures légumières) alors qu'ils étaient de 61 000 t/an pour les composts de biodéchets et de déchets verts, qui peuvent aussi être utilisés pour la création d'espaces verts et pour les jardins et potagers des particuliers (ADEME Délégation Bretagne et al., 2001).

Ainsi, alors qu'en 1993, 90 % des déchets compostés étaient des ordures ménagères grises, en 2000, leur proportion est tombée à 45 %, et ce au profit du compostage de déchets verts (ADEME, 2000).

Pour ce qui concerne les usines qui produisent des RDF, une des principales barrières au développement reste pour les industriels le manque de marchés sûrs à long terme pour le combustible dans les cimenteries et les centrales électriques qui peuvent avoir recours à des solutions alternatives aux combustibles fossiles (SITA, 2004) : les combustibles issus des MBT ne sont pas homogènes, ils contiennent des métaux lourds et il y a parfois des problèmes d'odeurs dus à leur dégradation pendant le stockage, ce qui les rend plutôt impopulaires (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Enfin, les débouchés sont liés au contexte local (présence de cultures, d'une cimenterie,...), ce qui explique qu'on ne peut pas généraliser à une échelle nationale l'intérêt d'un type de procédé en particulier. Par exemple, un traitement qui produit du compost ne sera intéressant qu'en région de grandes cultures, sans quoi le compost devra être enfoui (Budka A. et Martin I., 2005). Le recours à ce type de solution, sans contrainte réglementaire comme il y en a en Autriche et en Allemagne ou sans incitation financière, doit donc être réfléchi localement : ainsi en Espagne, du fait de la présence de terres arides, le compost issu des MBT n'a aucun mal à trouver une utilité.

1.2. Coûts de traitement

Les MBT restent une solution relativement onéreuse par rapport aux autres types de traitement biologique (Tableau 7).

Tableau 7 : Les coûts de traitement des filières biologiques en France (Dunet D. et al., 2004)

	Compostage déchets verts	Compostage biodéchets des ménages	Tri-Compostage OM grises	Méthanisation seule	MBT
Coût de traitement en €/t en 2004	40-55	50-70	50-70	60-70	80

Pour les exploitants, il y a un manque de retour d'expérience certain concernant notamment le coût de cette filière, d'où une certaine réticence à s'y engager pleinement (Budka A. et Martin I., 2005).

1.3. Traitement incomplet des déchets

Les MBT ne sont pas une solution finale pour les déchets : il faut tout de même avoir recours à une solution de type enfouissement ou incinération pour la partie résiduelle, ce qui peut représenter un surcoût important qui peut dissuader les collectivités (Budka A. et Martin I., 2005, Chalot F., 2005).

2. Impacts environnementaux

2.1. Limitation des flux de MO mis en décharge

Le recours aux MBT ne permet une réduction importante des quantités biodégradables enfouies qu'en cas d'existence d'un débouché réel pour les produits sur le marché. Les performances sont de plus très variables au sein d'un même procédé (Tableau 8).

A noter que dans le cas du pré-traitement biologique, il y a un fort manque de données sur les impacts en centre de stockage de manière générale et également sur les performances de ce type de traitement en France (Hébé I., 2005b). Même en Allemagne et en Autriche où le pré-traitement biologique est plus développé, aucun site de stockage n'a reçu uniquement des déchets stabilisés (Lagier T. et Redon E., 2005).

Tableau 8 : Performances de détournement de flux (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Objectif des MBT	Estimation du flux détourné de la mise en décharge (%)	
	quand la fraction obtenue trouve un débouché	quand la fraction obtenue ne trouve pas de débouché
Stabilisation des déchets en vue d'une mise en décharge	24 à 90	
Production de compost	82 à 90	34 à 83
Production d'un amendement organique	87 à 92	6 à 79
Production de RDF	90 à 95	6 à 70
Réduction des quantités envoyées en traitement thermique	85 à 92	
Production de biogaz avec enfouissement du digestat	14 à 61	
Production de biogaz et d'amendement organique	79 à 85	28 à 79

L'Ademe a donc lancé un programme de suivi sur l'usine de Mende, qui a été la première unité de pré-traitement biologique en fonctionnement en France.

Deux campagnes de suivi doivent être réalisées sur ce centre, la fin de l'étude étant prévue pour 2006. Après examen des déchets à l'entrée, un suivi de différents paramètres (production de gaz, de lixiviats, tassements) et une observation des modifications de la MO qui ont lieu pendant le pré-traitement sont réalisés.

Les résultats de la première campagne d'essais (non encore publiés) semblent ne pas être très bons : il y a encore beaucoup de MO après le pré-traitement, de sorte que les impacts environnementaux ne sont pas nuls. En revanche, il semble que des améliorations aient été constatées concernant les odeurs (Hébé I., 2005b). Certains exploitants ont d'ailleurs développé des procédés de pré-traitement biologique qui permettent d'éviter la formation d'odeurs trop importantes, en ne cherchant pas à éliminer la totalité de la partie organique, qui peut être valorisée en biogaz pendant le stockage (Coste E., 2005).

Mais ce manque de performance est parfois reproché et n'incite pas forcément à retenir cette solution (Lagier T. et Redon E., 2005). Sur le site de Mende, où les déchets subissent un pré-traitement biologique, seuls 30 % du flux en masse serait dévié de l'enfouissement, ce qui est moins bon que ce qui aurait pu être obtenu avec une collecte sélective poussée (Budka A. et Martin I., 2005).

2.2. Production de gaz à effet de serre

Un programme de recherche lancé en 1994 par Umwelt Bundes Amt, l'agence fédérale de l'environnement en Allemagne a analysé et comparé 15 études d'impact environnemental réalisées par différents organismes et bureaux spécialisés. La base de chacun des bilans a été une comparaison des impacts des gaz à effet de serre, principalement le CO₂, issus de l'incinération avec ceux de la filière stabilisation + enfouissement.

Les résultats sont les suivants :

- 7 études donnaient un avantage écologique à l'incinération,
- 6 études donnaient un avantage à la stabilisation,
- 2 études trouvaient les 2 filières équivalentes.

L'étude conclut que les différences environnementales entre les 2 filières, en particulier les impacts relatifs à l'effet de serre, sont très faibles.

Toutes les études s'accordent néanmoins pour dire que la stabilisation et l'incinération représentent une réduction importante de l'effet de serre par rapport à l'enfouissement sans aucun traitement (Greenpeace Environmental Trust, 2003, Sidaine J.M., 2003).

2.3. Consommation énergétique

Le pré-traitement biologique aérobie serait moins favorable sur le plan énergétique que l'enfouissement simple ou le traitement en bioréacteur, en raison notamment de la forte consommation d'énergie due à l'aération pendant le pré-traitement (Lagier T. et Redon E., 2005). Il faudrait donc raisonner en terme de recherche d'optimum de stabilité biologique car plus on essaye de stabiliser biologiquement le déchet, plus la consommation énergétique est élevée (Aoustin E. et al., 2005).

3. Aspects réglementaires

3.1. Incertitudes sur la réglementation

La mise en place de la filière se heurte à l'absence de réglementation relative au traitement bio-mécanique et notamment définissant les caractéristiques d'un déchet stabilisé (Dunet D. et al., 2004). Cela a pour conséquence une position d'attente de la plupart des acteurs, qui ne veulent pas se lancer dans cette technique sans savoir quels vont être les enjeux réglementaires.

Ainsi, le projet de directive européenne sur les biodéchets n'a pas abouti, de sorte que les règles quant à l'utilisation des fractions issues des MBT ne sont pas arrêtées (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a). Notamment, la directive aurait pu réduire l'utilisation du terme compost aux produits issus de déchets triés à la source et pas d'OM grises (SITA, 2004). De plus, même si la biodégradabilité des déchets a été fortement diminuée par le traitement, il n'est pas encore sûr que le déchet stabilisé puisse être classé en tant qu'inerte (Friends of the Earth, 2004).

Par ailleurs, la stratégie thématique pour la protection des sols n'a pas encore été arrêtée, de sorte que les principes d'utilisation des amendements issus du traitement des déchets ne sont pas fixés. Dans l'attente de plus de renseignements, il n'est pas évident de développer telle filière aux dépens d'une autre.

La BREF (Best Available Technology Reference) sur le traitement des déchets n'a pas encore été finalisée : les autorités locales ne peuvent donc pas déterminer si les projets MBT sont conformes ou non à la directive sur la Prévention et la Réduction Intégrées de la Pollution, de sorte que les exploitants préféreront aux MBT des technologies plus rôdées (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Des incertitudes planent également sur l'utilisation du biogaz et des RDF : on ne sait pas si la combustion de biogaz dans les moteurs à gaz devra ou non respecter les dispositions de la directive sur l'incinération et les RDF produits par le MBT n'ont pas encore fait l'objet de normes.

Enfin, les RDF et les amendements produits à partir des technologies MBT sont toujours considérés comme des déchets, ce qui ne facilite pas leur utilisation sur le marché.

3.2. Manque d'incitation réglementaire

La mise en place de seuils sur le taux de MO en entrée de décharge en Allemagne et en Autriche a fortement contribué au recours aux MBT (Lagier T. et Redon E., 2005). Mais en France, aucune mesure allant au delà des exigences européennes n'a été prise, de sorte que le traitement mécano biologique n'est en général pas retenu comme la solution la plus évidente pour le traitement des déchets (Redon E. et al., 2005 et Rémond G., 2005).

Mais finalement, même en Allemagne où les MBT ont été fortement encouragés par le biais réglementaire, ils ne constituent qu'une solution transitoire, puisque le gouvernement allemand a décidé d'interdire l'enfouissement des déchets à partir de 2020 (Lagier T. et Redon E., 2005).

IV – INTÉGRATION DANS UNE GESTION GLOBALE DE TRAITEMENT DES DÉCHETS

L'intérêt des MBT dans un système de gestion globale des déchets est de minimiser les impacts environnementaux liés à la destination finale des déchets biodégradables et de donner une valeur ajoutée au déchet initial en isolant les matériaux réutilisables comme le métal, le verre, du compost ou parfois du biogaz ou du combustible (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Ils peuvent être intégrés dans une stratégie de gestion des déchets actuelle, les usines en marche pouvant s'adapter à de multiples circonstances.

1. A l'amont : collecte sélective

Les MBT sont complémentaires des systèmes de collecte sélective : la fraction résiduelle, qui représente au minimum 50 % des déchets produits, peut être traitée par les MBT pour être stabilisée avant enfouissement (Bajeat P., 2005).

Par ailleurs, le recours aux MBT en vue de fabriquer du compost peut permettre d'avoir des taux de valorisation supérieurs à ceux que l'on aurait obtenus sur des biodéchets collectés séparément, avec également un coût moins important dans le cas où on a déjà des installations de compostage en place qu'il suffit juste d'optimiser. La collecte sélective est en effet onéreuse et tout le flux de MO n'est pas capté par une collecte sélective de biodéchets. Le recours aux MBT peut donc être un outil intéressant pour des collectivités qui cherchent à augmenter au maximum leur taux de valorisation organique (Ademe Délégation Bretagne et al., 2001).

2. Le traitement

Le pré-traitement biologique offre la possibilité de traiter les boues de station d'épuration en même temps que les déchets résiduels. Cela peut notamment être très intéressant dans les régions urbanisées à forte population, où l'épandage des boues ou de composts de boues est difficile (Greenpeace Environmental Trust, 2003).

3. A l'aval : enfouissement et incinération

Au même titre que les autres modes de traitement des déchets résiduels, les MBT s'avèrent complémentaires de la prévention et du recyclage. Ce dispositif récent peut être utilisé, dans le cadre d'une approche globale et multifilière, sur des déchets en amont de la décharge ou de l'incinération, afin de limiter ou d'optimiser le recours à ces techniques (Bajeat P., 2005).

A la fin du traitement biomécanique, environ deux tiers des déchets entrants doivent trouver un exutoire en incinération ou stockage. Cette réduction de volume permet d'allonger la durée de vie des centres de stockage et de limiter le besoin en traitement thermique (Bajeat P., 2005). Les impacts du stockage sont alors mieux maîtrisés, du fait de la stabilisation des déchets et de la diminution des volumes.

4. A qui sont destinés les MBT ?

Les technologies MBT sont actuellement surtout intéressantes pour les pays qui n'ont que peu d'infrastructures de traitement car l'investissement initial est relativement faible comparé à des types plus traditionnels tels que l'incinération ou la mise en place d'une collecte sélective au porte-à-porte (Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a).

Le MBT représente un outil polyvalent vis-à-vis à la fois de l'amont et de l'aval. Il peut donc s'insérer dans les différents contextes locaux. Il constitue une solution possible dans le cas de collectivités qui refusent l'incinération ou qui ne sont pas encore équipées d'incinérateur. Pour autant, la philosophie des MBT s'oriente vers d'autres types de sous-produits, notamment la production de RDF et le recyclage des matériaux triés en amont (phase mécanique) ainsi que la production d'énergie. Ces installations complètes se positionnent désormais en concurrence directe avec l'incinération (Dunet D. et al., 2004).

Mais tout projet de MBT doit être analysé en fonction du contexte et des autres actions de gestion de déchets mises en œuvre par la collectivité et l'adéquation entre les MBT et l'exutoire final paraît indispensable (ADEME, 2001). Et compte-tenu des incertitudes qui planent sur les débouchés, il faut plutôt considérer qu'il s'agit d'une niche fonction des contextes locaux (ex : présence de cimenteries, pas de production d'énergie sur place, régions de grandes cultures...) plutôt que d'un type de traitement qu'il faut généraliser à tout prix (Budka A. et Martin I., 2005).

Greenpeace Environmental Trust propose une configuration « idéale » d'usine, pour un coût qui semble conséquent (Greenpeace Environmental Trust, 2003). Rappelons juste qu'il paraît difficile de définir dans l'absolu une stratégie universelle de gestion des déchets. La gestion des déchets, et encore plus si elle se base sur le MBT, doit être réfléchi à une échelle locale, même si elle répond à des objectifs plus globaux : quels sont les objectifs en terme de performance que l'on souhaite atteindre ? Quelle stratégie peut-on mettre en place pour atteindre ces objectifs, en fonction du contexte local ? A quel prix ? Quels produits souhaitent-on obtenir, quels sont ceux que le marché peut absorber ?...

ANNEXE 1 : TABLE DES MATIÈRES

I – DESCRIPTION DES MBT	5
1. Définition	5
1.1. <i>Traitements mécaniques</i>	5
1.2. <i>Traitements biologiques</i>	5
2. Les différentes technologies MBT	7
2.1. <i>Utilisation des MBT</i>	7
2.2. <i>Les fractions issues des MBT</i>	7
3. Les ambiguïtés du terme	7
4. L'offre actuelle	8
5. L'économie du MBT	9
5.1. <i>Coûts d'investissement</i>	9
5.2. <i>Coûts d'exploitation</i>	10
II – LES MOTEURS DU DÉVELOPPEMENT DES MBT	11
1. Aspects réglementaires : la directive 1999/31/CE concernant la mise en décharge des déchets	11
2. Aspects environnementaux : limitation des effets négatifs dus au stockage de déchets fermentescibles	11
3. Aspects sociaux : acceptabilité de la filière	12
4. Aspects économiques	12
4.1. <i>Flexibilité des techniques</i>	12
4.2. <i>Allongement de la durée de vie des centres de stockage</i>	12
4.3. <i>Importance des débouchés</i>	13
5. Le développement des MBT à l'étranger	13
III – LES FREINS AU DÉVELOPPEMENT DES MBT	14
1. Aspects économiques : les coûts et les débouchés	14
1.1. <i>Existence de débouchés sur le marché pour les fractions issues des MBT</i>	14
1.2. <i>Coûts de traitement</i>	15
1.3. <i>Traitement incomplet des déchets</i>	15
2. Impacts environnementaux	15
2.1. <i>Limitation des flux de MO mis en décharge</i>	15
2.2. <i>Production de gaz à effet de serre</i>	16
2.3. <i>Consommation énergétique</i>	17

3. Aspects réglementaires	17
3.1. <i>Incertitudes sur la réglementation</i>	17
3.2. <i>Manque d'incitation réglementaire</i>	18
IV – INTÉGRATION DANS UNE GESTION GLOBALE DE TRAITEMENT DES DÉCHETS.....	19
1. A l'amont : collecte sélective	19
2. Le traitement	19
3. A l'aval : enfouissement et incinération	19
4. A qui sont destinés les MBT ?	20
ANNEXE 1 : TABLE DES MATIÈRES	21
ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE	23
ANNEXE 3 : LISTE DES DOCUMENTS DE TRAVAIL PUBLIÉS	25

ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE

ADEME, 2000. Les installations de traitement des déchets ménagers et assimilés en 2000 – Triatement Biologique – Principales évolutions depuis 1999. 4p. Disponible sur : http://www.ademe.fr/collectivites/dechets-new/mots-chiffres/Documents/ITOM2000/Comp2_Evolutions.pdf [Consulté le 23.11.2005].

ADEME, 2001. Note sur le pré-traitement biologique avant enfouissement en centre de stockage de déchets non dangereux. Note de positionnement de l'Ademe, 28 septembre 2001. 6p.

ADEME Délégation Bretagne, Conseil Général des Côtes d'Armor, SMITOM de Launay-Lantic, SMITRED Ouest d'Armor, SMICTOM des Châtelets, 2001. Etude sur la valorisation de la matière organique des déchets ménagers en vue de la reconversion/réhabilitation des unités de tri-compostage dans les Côtes d'Armor. Rapport final. Septembre 2001.

Aoustin E., Saade M., Redon E., Renou S. et Jolliet O., 2005. LCA as a decision supporting tool in MSW management : application to mechanical-biological pre-treatment before landfilling. SARDINIA. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Italy, 3 – 7 Octobre 2005. 9p.

Bader Cyrille, 2006. Adjoint au directeur du service déchets, Communauté d'Agglomération Angers Loire Métropole. Correspondance du 2 janvier 2006.

Bajeat Philippe, juin 2005. Collectivités locales, Quelle gestion de déchets ? Les enjeux d'une gestion des déchets basée sur l'articulation des filières. Angers, ADEME. 16p.

Budka Arnaud et Martin Isabelle, 2005. Expert développement durable et Responsable veille réglementaire et prospective, SITA. Entretien du 17 novembre 2005.

Chalot Francis, 2005. Maire de Janville-sur-Juine, Vice-président du Syndicat Intercommunal pour la Revalorisation et l'Élimination des Déchets et des Ordures Ménagères (SIREDOM). Correspondance du 3 novembre 2005.

Coste Emmanuel, 2005. Coved, Développement CSDU. Entretien du 14 décembre 2005.

Dunet D., Jacquet S. et Michel F., 2004. Le traitement biologique dans les filières de traitement des ordures ménagères (OM). BIPE, Enviroscope 2004, 25 novembre 2004.

Friends of the Earth, 2004. Mechanical and Biological Treatment (MBT). Briefing, March 2004. 7p. Disponible sur : http://foe.co.uk/resource/briefings/mchnical_biolo_treatment.pdf [Consulté le 22/12/2005].

Gal Albert, 2005. Conseil Général de la Lozère, Entretien du 21 novembre 2005.

Greenpeace Environmental Trust, 2003. Cool Waste Management – A state-of-the-art Alternative to Incineration for Residual Municipal Waste. 56p. Disponible sur : <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5574.pdf> [Consulté le 15.12.2005].

Hébé Isabelle, 2005a. Compte-rendu de réunion de présentation/discussion « de la situation du traitement mécano-biologique (MBT) dans la gestion des déchets en Autriche – Comparaison avec le contexte français » (28 septembre 2005).

Hébé Isabelle, 2005b. Ingénieur, ADEME. Entretien du 21 novembre 2005.

Juniper Consultancy Services Ltd, 2005a. Mechanical-Biological-Treatment : A guide for Decision Makers - Processes, Policies and Market - The Summary Report. 92p. Disponible sur : <http://www.juniper.co.uk/Publications/downloads.html> [Consulté le 15.12.2005].

Juniper Consultancy Services Ltd, 2005b. Mechanical-Biological-Treatment : A guide for Decision Makers - Processes, Policies and Market – Annexe D : The process review. 38p. Disponible sur : <http://www.juniper.co.uk/Publications/downloads.html> [Consulté le 15.12.2005].

Kuelhe-Weidemeier M., 2004. Mechanical-biological treatment (MBP) of municipal solid waste as an efficient way to reduce organic input into landfills. VIIIth International Symposium Waste Management Zagreb. November 2004.

Lagier Thomas et Redon Estelle, 2005. Responsable pôle stockage et Ingénieur chargé de projet, CREED. Entretien du 20 décembre 2005.

Le Boulanger Paul, 2005. Conseil Général des Côtes d'Armor. Correspondance du 21 décembre 2005.

Llinas Laurent, 2005. Ingénieur Service Environnement, Syndicat départemental d'Electrification et d'Equipement de la Lozère. Entretien du 21 novembre 2005.

Morvan B., Blanquart J-P. et Le Soas E., 2004. Essais de performances de l'usine de traitement par compostage des ordures ménagères de LAUNAY LANTIC. Rapport des essais réalisés du 23 septembre au 14 octobre 2004. Cemagref. 6p.

Poncelet Félicien, 2005. Syndicat de Traitement des déchets Ardèche Drôme (SYTRAD), Chargé d'études techniques. Entretien du 5 décembre 2005.

Redon E., Lornage R., Lagier T., et Hébé I., 2005. Measurement and comparison of different stability parameters during a mechanical biological pretreatment before landfilling. SARDINIA. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Italy, 3 – 7 Octobre 2005. 11p.

Rémond Gaétan, 2005. TRIVALOR, Responsable de l'agence de Paris. Entretien du 29 novembre 2005.

Sidaine Jean-Michel, 2003. Journées Réseau Contrats Territoriaux Déchets. Mende. 9 et 10 octobre 2003.

SITA, 2004. Mechanical Biological Treatment. Position Paper. May 2004. 4p. Disponible sur : http://www.sita.co.uk/assets/PP_MBT.pdf [Consulté le 21 novembre 2005].

ANNEXE 3 : LISTE DES DOCUMENTS DE TRAVAIL PUBLIÉS**I - Etudes :**

06 – E02	Les accords multilatéraux sur l'environnement et OMC Anaïs BERTHIER	
06 – E01	Etude sur la valorisation des aménités du Loir Patrick DERONZIER, Sébastien TERRA	
05 - E10	Consentement local à payer et localisation d'un incinérateur Olivier ARNOLD, Sébastien TERRA	
05 - E09	Causes et effets de l'instauration d'une redevance incitative d'enlèvement des ordures ménagères Olivier ARNOLD	
05 - E08	Evaluer les bénéfices environnementaux sur les masses d'eau Patrick CHEGRANI	
05 - E07	Evaluation de l'efficacité environnementale des périmètres de protection des captages Guillemette BUISSON	
05 - E06	Les effets de la réforme de la PAC de juin 2003 sur la consommation d'eau par l'agriculture Guillemette BUISSON	
05 - E05	Place de l'environnement dans le système juridique de l'OMC Ruth GABBAY	
05 - E04	Comment les politiques publiques peuvent-elles accélérer le progrès sur les technologies de lutte contre le changement climatique ? Aurélie VIEILLEFOSSE	
05 - E03	Modélisation du découplage des aides et environnement en agriculture Elsa LAVAL	
05 - E02	Efficacité de la filière piles et accumulateurs Olivier ARNOLD	
05 - E01	Les régulations environnementales ont-elles un effet sur le commerce extérieur de l'industrie française ? Sébastien RASPILLER, Nicolas RIEDINGER, Céline BONNET	

- 04 - E10 Les politiques environnementales ont-elles un impact sur la croissance ?
Nicolas RIEDINGER
- 04 - E09 Estimation des nuisances pour la collectivité générées par les éoliennes de Sigean
Sébastien TERRA
- 04 - E08 Stratégies d'échantillonnage et modèles de comptage dans la méthode des coûts de transport
Sébastien TERRA
- 04 - E07 Bien public global et instruments des politiques nationales unilatérales
Christine CROS, Sylviane GASTALDO
- 04 - E06 Principe de précaution et décision médicale
Dominique BUREAU, Emmanuel MASSE
- 04 - E05 Préservation des ressources globales et développement économique
Dominique BUREAU
- 04 - E04 Evaluation du coût subi par EDF suite à une mesure en faveur de la vie piscicole sur la Dordogne
Franck FREDEFON
- 04 - E03 Valorisation économique d'une amélioration de la qualité de l'eau de l'étang de Berre
Franck FREDEFON
- 04 - E02 La prise en compte du changement technique endogène affecte-telle l'équivalence entre taxes et permis ?
Gilles SAINT-PAUL
- 04 - E01 Les différences de sévérité environnementale entre pays influencent-elles les comportements de localisation des groupes français ?
Sébastien RASPILLER, Nicolas RIEDINGER
- 03 - E09 Evaluation économique des aménités récréatives d'un parc urbain : le cas du parc de Sceaux
Sylvie SCHERRER
- 03 - E08 Analyse économique de la rentabilité des filtres à particules sur les véhicules diesels neufs
Emmanuel MASSE
- 03 - E07 Note sur l'évaluation des infrastructures de transport et l'étalement urbain
Dominique BUREAU, Nicolas THOUVEREZ
- 03 - E06 Evaluation des bénéfices pour le public de la protection des espaces littoraux remarquables
Sylvie SCHERRER

- 03 - E05 Evaluation économique des aménités récréatives d'une zone humide intérieure : le cas du lac de Der
Sylvie SCHERRER
- 03 - E04 Exploration des engagements futurs en matière de changement climatique
Vincent VAN STEENBERGHE
- 03 - E03 Quels instruments pour une politique environnementale ?
Gilles SAINT-PAUL
- 03 - E02 Couverture des charges d'infrastructure et tarification de l'usage de la route
Isabelle ROVIRA, Martine PERBET
- 03 - E01 Les dommages visuels et sonores causés par les éoliennes : une évaluation par le consentement à payer des ménages dans le cas des éoliennes de Sigean
Sylvie SCHERRER
- 02 - E07 Pollutions atmosphériques transfrontières : mise en œuvre du protocole de Goteborg et de la directive plafonds
Daniel DELALANDE
- 02 - E06 Régulation du bruit à Roissy : efficacité et instruments économiques
Dominique BUREAU
- 02 - E05 Gisement d'énergie éolienne par région : quelques éléments d'éclairage économique
Sabine GUILLAUME
- 02 - E04 Les accords de Bonn et Marrakech : analyse quantitative et mise en perspective
Sandrine ROCARD, Eve ROUMIGUIERES
- 02 - E03 Typologie des modes de gestion des déchets ménagers par les collectivités locales
Anne-Claire BOITEL, Christine LAGARENNE
- 02 - E02 Evaluation économique des pertes d'usage dues aux tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 : le cas de la forêt de Fontainebleau
Sylvie SCHERRER
- 02 - E01 Régulation de la durée des contrats dans le secteur de l'eau
Patrick DERONZIER
- 01 - E07 Effet de serre document de base de la maquette SAGESSE
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E06 Déterminants de la consommation en produits de l'agriculture biologique
Sylvie SCHERRER

- 01 - E05 Effet de serre : quantification de l'effort économique par les parties du protocole de Kyoto
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E04 Déterminants des comportements de tri des ménages
Christine LAGARENNE, Séverine WILTGEN
- 01 - E03 Combinaison des instruments prix et quantités dans le cas de l'effet de serre
Boris COURNEDE, Sylviane GASTALDO
- 01 - E02 Politiques nationales de lutte contre le changement climatique et réglementation de la concurrence : le cas de la fiscalité
Jérôme RIEU
- 01 - E01 Effets économiques du Protocole de Kyoto : une maquette internationale
Jean-Pierre BERTHIER, Martin GUESPEREAU, Eve ROUMIGUIERES

II - Méthodes :

- 05 - M06 La monétarisation de l'indice pollution population pour l'analyse coût-bénéfice des projets de transport
Pierre BARBERA
- 05 - M05 Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des coûts de transport
Sébastien TERRA
- 05 - M04 Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente
Sébastien TERRA
- 05 - M03 Options réelles environnementales
Emmanuel MASSE, Stéphane GALLON
- 05 - M02 Guide pour l'élaboration de cahiers des charges pour des études de valorisation des dommages et aménités environnementales en 5 questions/réponses
Sébastien TERRA
- 05 - M01 Guide pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques
Sébastien TERRA
- 04 - M07 Maquette ECHEANCES : Epuisement des Combustibles selon Hotelling et Application Naturelle au Contingentement de l'Effet de Serre
Hélène OLLIVIER
- 04 - M06 Articulation entre quotas échangeables et mesures de gestion des ressources halieutiques : éléments pour l'évaluation économique d'aires marines protégées
Dominique BUREAU

- 04 - M05 Qu'est-ce qu'un marché de permis ? Adaptation du jeu de simulation de l'ENSAE à un marché de crédits « Azote »
- 04 - M04 Tourisme, loi littoral et économie de l'environnement
Dominique BUREAU
- 04 - M03 Fiches DPSEEA élaborées à partir du rapport final de la commission d'orientation pour le plan santé Environnement
Camille FEVRIER
- 04 - M02 Arbitrages intertemporels, risque et actualisation
Stéphane GALLON, Emmanuel MASSE
- 04 - M01 Le cycle de la prévention et de l'information sur les risques
Patrick MOMAL
- 03 - M03 La culture du risque et de la sûreté
Patrick MOMAL
- 03 - M02 Rapport du groupe de réflexion environnement et applications de l'espace
Bertrand GALTIER, Michel LEBLANC
- 03 - M01 Le système d'information environnementale français
Armelle GIRY
- 02 - M02 Santé environnement : problèmes et méthodes
Benoît VERGRIETTE
- 02 - M01 Intérêts et limites des variables biologiques en écotoxicologie aquatique
Patrick FLAMMARION
- 01 - M02 Indicateurs environnementaux : méthodes et utilisation pour l'évaluation des politiques publiques
Xavier DELACHE
- 01 - M01 Méthodologie de valorisation des biens environnementaux
Sylvie SCHERRER

III - Synthèses :

- 05 - S04 Liens DPSIR et modélisation de la gestion de l'eau
Patrick DERONZIER
- 05 - S03 Les études de monétarisation des externalités associées à la gestion des déchets
Benoît CHEZE, Olivier ARNOLD
- 05 - S02 Plan National d'Affectation des Quotas : retour d'expérience
Sébastien MERCERON

- 05 - S01 Les différentes gestions du dossier de l'amiante
Grégoire LAGNY
- 04 - S07 Mécanismes économiques à l'œuvre sur la biodiversité dans les secteurs de l'agriculture, la forêt, l'eau, la pêche, le tourisme et les transports
Christine CROS
- 04 - S06 Evolution du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles
Annie ERHARD-CASSEGRAIN, Emmanuel MASSE, Patrick MOMAL
- 04 - S05 Développement durable et aménagement routier : le cas de la RN88
Stéphanie ANTOINE
- 04 - S04 L'économie de l'effet de serre : point sur les engagements internationaux de lutte contre le changement climatique
Aurélie VIEILLEFOSSE
- 04 - S03 Entreprises et développement durable
Irène CABY
- 04 - S02 Références méthodologiques pour la prise en compte de l'environnement dans les projets routiers
Stéphanie ANTOINE
- 04 - S01 Déchets ménagers en France. Financement du service et recyclage : Exemples de travaux d'évaluation économiques utiles à la décision publique
Patrick DERONZIER, Olivier ARNOLD
- 03 - S06 L'évaluation des aménités et des dommages environnementaux
Sylvie SCHERRER
- 03 - S05 Les enseignements pour la France des régimes de responsabilité environnementale en vigueur à l'étranger : l'exemple des Etats-Unis et du Brésil
Catherine SCHLEGEL, Laurent VERDIER
- 03 - S04 Les engagements futurs dans les négociations sur le changement climatique
Séminaire D4E
- 03 - S03 Economie de l'environnement et décision publique
Dominique BUREAU
- 03 - S02 Biens publics mondiaux et négociations internationales
Hélène FRANCES, François NASS
- 03 - S01 Axes pour la recherche en environnement et en développement durable dans le sixième programme cadre de recherche et développement de l'union européenne
Groupe thématique national français « recherche européenne, environnement et développement durable »

- 02 - S02 Marchés de droits : expériences passées et débuts pour l'effet de serre
Christine CROS, Sylviane GASTALDO
- 02 - S01 Microéconomie du développement durable : une introduction
Dominique BUREAU
- 01 - S05 L'impact économique des tempêtes de décembre 1999
Annie ERHARD-CASSEGRAIN
- 01 - S04 Ouverture des marchés de l'électricité et environnement
Dominique BUREAU, Sylvie SCHERRER
- 01 - S03 La responsabilité environnementale
Patrick MOMAL
- 01 - S02 Gouvernance mondiale et environnement
Dominique BUREAU, Marie-Claire DAVEU, Sylviane GASTALDO
- 01 - S01 Les rapports environnementaux des entreprises
Christine LAGARENNE, Marc AVIAM