Cercle National du Recyclage

REFLEXIONS ET PISTES SUR LE TRAITEMENT MECANO-BIOLOGIQUE

juin 2011

Ce dossier thématique a été réalisé à l'initiative du
Cercle National du Recyclage
23, rue Gosselet – 59000 LILLE
Tél. : 03.20.85.85.22
Fax : 03.20.86.10.73
E-mail : cnr@nordnet.fr

Conception, recherche et rédaction :
Estelle GAUMAIN
avec l'appui de Bertrand BOHAIN, Paul DEFFONTAINE,
Delphine GOURLET, Rémi LANTREIBECQ et Marie RODRIGUEZ.

Le contenu de ce dossier reste de la seule responsabilité du **Cercle National du Recyclage**.
En cas d'erreurs ou d'inexactitudes, plutôt que de nous en tenir excessivement rigueur,
merci de nous aider à les corriger en nous communiquant vos observations et commentaires.

© copyright **Cercle National du Recyclage** 2011 – tous droits réservés

REFLEXIONS ET PISTES SUR LE TRAITEMENT MECANO-BIOLOGIQUE

GLOSSAIRE 5

I. INTRODUCTION 7

II. SITUATION 9

1. EUROPEENNE 9

1.1. Directive sur la mise en décharge 9

1.2. Directive relative aux déchets 9

2. FRANÇAISE 10

2.1. Grenelle de l'environnement 10

2.2. Circulaire relative à la gestion des déchets organiques 10

2.3. Réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement 11

2.4. Réglementation sur les matières issues du TMB 11

III. GISEMENT DE DECHETS CONCERNES 13

1. CARACTERISTIQUES 13

1.1. Composition 13

1.2. Particularité 14

1.3. Evolution de la composition 14

2. POTENTIEL DE VALORISATION ORGANIQUE 16

IV. ASPECTS TECHNIQUES 17

1. PRINCIPE DU TMB 17

2. DIFFERENTS PROCEDES 18

2.1. Compostage / Méthanisation 18

2.1.1. Compostage 18

2.1.2. Méthanisation 23

2.1.3. Bilan matière 26

2.1.4. Ajout d'autres déchets organiques 26

2.2. Stabilisation *28*

3. DEBOUCHES ET EXUTOIRES 30

3.1. Valorisation matière *30*

3.1.1. Compost 30

3.1.2. Digestat 32

3.1.3. Matériaux recyclables : métaux ferreux, plastiques 33

3.2. Valorisation énergétique *33*

3.2.1. Biogaz 33

3.2.2. Combustibles Solides de Récupération (CSR) 35

3.2.3. Incinération avec valorisation énergétique 36

3.3. Stockage *37*

V. COUTS 39

1. COUTS LIES A UNE INSTALLATION DE TMB EN VUE DU COMPOSTAGE 39

2. COUTS LIES A UNE INSTALLATION DE TMB EN VUE DE LA METHANISATION 40

3. COUTS LIES A UNE INSTALLATION DE TMB EN VUE DE LA STABILISATION 40

4. AIDES 40

4.1. Subventions *40*

4.2. Soutiens *41*

VI. PRECONISATIONS DU CERCLE NATIONAL DU RECYCLAGE 42

ANNEXES 45

BIBLIOGRAPHIE 55

ADRESSES UTILES 57

GLOSSAIRE

Aérobie : Processus ou métabolisme qui nécessite la présence d'oxygène.

Amendements organiques : Matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale, ou animale et végétale en mélange, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol et à l'amélioration de ses propriétés physiques, et/ou chimiques, et/ou biologiques. (Norme U 44-051, avril 2006)

Anaérobie : Processus ou métabolisme qui nécessite l'absence d'oxygène.

Biodéchets : Les déchets biodégradables de jardin ou de parc, les déchets alimentaires ou de cuisine issus des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires. (Directive n°2008/98/CE du 1 9/11/08 relative aux déchets)

Biogaz : Gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène et contenant majoritairement du méthane et du dioxyde de carbone. Il est produit dans les installations de stockage des déchets ou encore dans les méthaniseurs. Combustible, il peut être valorisé énergétiquement. Il doit sinon être détruit par combustion car, d'une part, il peut être à l'origine d'importantes nuisances notamment olfactives et, d'autre part, c'est un puissant gaz à effet de serre. (ADEME)

Combustible solide de récupération (CSR) : Combustibles solides préparés à partir de déchets non dangereux destinés à être valorisés énergétiquement dans des installations d'incinération ou de co-incinération et respectant le système de classification et spécification défini dans le projet de norme CEN/TS 15359. On entend par « préparés » : traités, homogénéisés et améliorés jusqu'à un niveau de qualité suffisant permettant un échange commercial. (Définition donnée par le projet de norme du CEN)

Compost : Produit organique issu du compostage. S'il est de qualité suffisante, il peut être utilisé comme amendement organique ou comme engrais pour améliorer la qualité et la fertilité des sols.

Déchets biodégradables : Tout déchet pouvant subir une décomposition anaérobie ou aérobie, comme les déchets alimentaires et les déchets de jardin, ainsi que le papier et le carton. (ADEME)

Déchets fermentescibles : Déchets composés de matières organiques biodégradables. Autre appellation des déchets biodégradables.

Déchets ménagers et assimilés :
Ils sont constitués :

- des déchets ménagers composés des ordures ménagères résiduelles, des déchets issus des collectes sélectives, de déchets de jardinage, des encombrants, des ménagers dangereux (peintures, aérosols…)… ;
- des déchets assimilés provenant des commerçants, des artisans et des administrations ;
- des déchets de la collectivité provenant du nettoiement des voiries, de l'entretien des espaces verts….

Déchets ménagers spéciaux : Déchets provenant de l'activité des ménages qui ne peuvent être pris en compte par la collecte usuelle des ordures ménagères, sans créer de risques pour les personnes ou pour l'environnement. Ces déchets peuvent être explosifs, corrosifs (acides), nocifs, toxiques, irritants (ammoniaque, résines), comburants (chlorates), facilement inflammables, ou d'une façon générale dommageables pour l'environnement.

Déchets organiques : Déchets composés de matière organique caractérisée par la présence de carbone issu d'organismes vivants végétaux, animaux, ou micro-organismes. De par leur composition chimique, ils peuvent subir une fermentation.

Déchets putrescibles : Déchets fermentescibles capables de se dégrader spontanément grâce à un pouvoir fermentescible intrinsèque. Les déchets de légumes ou de fruits, les restes de repas, les tontes de gazon sont par exemple des déchets putrescibles. A l'opposé, le bois ou les papiers et les cartons n'en sont pas.

Déchets verts : Matières végétales issues de l'exploitation, de l'entretien ou de la création de jardins ou d'espaces verts publics et privés ainsi que les déchets organiques des activités horticoles professionnelles ou municipales, à l'exception des supports de culture. (ADEME)

Digestat : Résidus ou déchets « digérés », issus de la méthanisation des déchets organiques. Le digestat est constitué de bactéries excédentaires, matières organiques non dégradées et matières minéralisées. Après traitement, il peut être utilisé comme compost. (ADEME)

Eléments fins : Tous déchets inférieurs à 20 mm.

Matière organique : Matière carbonée produite en général par des êtres vivants, végétaux, animaux, ou micro-organismes. Il s'agit par exemple des glucides, protides et lipides. À la différence de la matière minérale, la matière organique est souvent biodégradable.

Mésophile : Qualifie des organismes qui se développent mieux à des températures modérées variant entre 25 et 40 ℃.

Normaux mètre cube (Nm^3) : Unité de mesure de quantité de gaz qui correspond au contenu d'un volume de 1 m^3, pour un gaz se trouvant dans les conditions normales de température et de pression (0℃ et 1,01325 bar).

Ordures ménagères résiduelles (OMR) : Déchets restant après collectes sélectives. Cette fraction de déchets est parfois appelée "poubelle grise". Sa composition varie selon les lieux en fonction des types de collecte.

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de masse du combustible, l'eau se retrouvant à l'état de vapeur dans les produits de combustion. Il est le reflet d'une combustion naturelle.

Textiles sanitaires : Ces déchets comprennent deux types de fraction :

- la fraction hygiénique constituée des couches culottes, serviettes hygiéniques, cotons, lingettes ;
- la fraction papiers souillés composée des mouchoirs en papier, serviettes en papiers, nappes en papier, essuie-tout, papiers absorbants à usage ménager.

Thermophile : Qualifie un organisme, principalement les bactéries, dont le développement est optimal à des températures comprises entre 50℃ et 55℃.

I. INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, le nombre d'installations de traitement mécano-biologique (TMB) a fortement augmenté en Europe sous l'impulsion de la directive 1999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets qui impose aux Etats membres de réduire la quantité de déchets biodégradables mise en décharge.

En France, on dénombre 23 installations de TMB pour une capacité de traitement de 1,1 million de tonnes de déchets en 2009. Aujourd'hui, seules douze unités annoncent produire un compost conforme à la norme. Pourtant, de plus en plus de collectivités réfléchissent à la mise en place de ce type de traitement pour répondre d'une part, aux objectifs de réduction des quantités de déchets destinées à l'enfouissement ou à l'incinération, et, d'autre part, d'augmentation du recyclage organique fixés par le Grenelle. D'après l'ADEME, 55 sites devraient être créés ou transformés entre 2010 et 2015 pour une capacité d'environ 3,2 millions de tonnes, ce qui témoigne du fort engouement pour le TMB à l'heure actuelle.

Aujourd'hui, le TMB est source de nombreuses questions et de nombreuses méprises. En effet, les collectivités locales entendent parler de TMB pour des procédés différents comme le recyclage, le compostage ou la méthanisation. Le terme même de « TMB » est à l'origine de nombreuses confusions, une clarification est donc nécessaire. Dans ce rapport, nous parlerons de TMB au sens de traitements effectués sur les ordures ménagères résiduelles (OMR) combinant des étapes mécaniques à des étapes biologiques.

Le traitement mécano-biologique des ordures ménagères résiduelles regroupe différents procédés qui associent des opérations mécaniques et des opérations biologiques. Son objectif est d'extraire la part fermentescible des ordures ménagères résiduelles, afin de produire du compost, du biogaz ou uniquement de réduire les quantités de déchets mises en décharge. Les enjeux sont donc différents en fonction des fractions obtenues qui dépendent des techniques utilisées.

La loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, en cohérence avec la directive cadre relative aux déchets, affiche un objectif d'amélioration de la valorisation organique. Le traitement mécano-biologique, en fonction de sa pertinence dans le contexte local, pourrait être un des modes de traitement utilisé pour atteindre cet objectif.

La norme NFU 44-051 impose aux composts issus d'ordures ménagères résiduelles de respecter un certain nombre d'exigences pour pouvoir être utiliser en agriculture. A l'avenir, avec les évolutions réglementaires, les critères de qualité imposés risquent d'être plus stricts.

Un projet de règlement européen, qui devrait voir le jour en octobre 2012, prévoit que seuls les composts issus de collecte sélective de biodéchets et respectant certains critères de qualité pourraient bénéficier du statut de produit et pourraient être ainsi vendus en tant qu'amendement organique. Les composts issus de TMB sur OMR conserveraient leur statut de déchets, quelques soient les critères de qualité atteints et donc n'auraient comme exutoires que les plans d'épandage. La filière du TMB apparaît donc aujourd'hui compromise.
Une collectivité locale s'engageant dans le compostage des ordures ménagères résiduelles prendrait donc un risque majeur ou devrait trouver un autre débouché pour ce compost.

Par la dégradation de la matière organique, ce procédé permet de réduire la quantité de déchets destinée à l'enfouissement ou à l'incinération qui sont soumis à la TGAP[1], ce qui

[1] TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes

permet d'économiser une partie des dépenses attribuées à ces modes de traitement. Il faut cependant veiller à ne pas multiplier les coûts de traitement et vérifier la viabilité économique de l'ensemble de la filière de traitement y compris sur les débouchés.

Les collectivités locales sont aujourd'hui confrontées à un certain nombre de questions quant à la place du traitement mécano-biologique dans la gestion globale des déchets. Elles ont besoin de retours d'expérience et d'informations techniques et économiques sur les procédés de traitement mécano-biologique. Le **Cercle National du Recyclage** a donc regroupé l'ensemble des données sur ce sujet et les restitue à travers ce dossier afin d'éclairer les collectivités désirant se lancer dans la création d'une installation de traitement mécano-biologique.

Afin de comprendre le contexte dans lequel s'inscrit le traitement mécano-biologique, la situation actuelle de ce mode de gestion des ordures ménagères est présentée pour l'Europe et la France, les textes réglementaires y sont répertoriés. La description qualitative et quantitative des déchets permet d'appréhender le gisement concerné. Les modes de traitement sont ensuite présentés afin d'identifier les différents procédés adaptés à l'objectif recherché. L'ensemble des débouchés existants permet de se rendre compte de la pertinence de ce type de traitement. L'intérêt économique de la mise en place d'une installation de traitement mécano-biologique est abordé à travers les coûts. Tout au long de ce dossier, le **Cercle National du Recyclage** énonce les préconisations pour mettre en œuvre un tel projet.

II. SITUATION

1. EUROPEENNE

1.1. Directive sur la mise en décharge

Sous l'impulsion de la directive n°1999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets, qui vise à réduire les quantités de déchets fermentescibles reçues par les installations de stockage, de nombreuses installations de TMB ont vu le jour en Europe.
D'après l'article 5 relatif aux déchets et traitements non admis dans les décharges, « Les Etats membres définissent une stratégie nationale afin de mettre en œuvre la réduction des déchets biodégradables mis en décharge […] », aux plus tard deux ans après l'entrée en vigueur de cette directive. Cette stratégie doit comporter des mesures en faveur de la valorisation organique. Elle doit permettre d'atteindre l'objectif de réduire la quantité de déchets municipaux biodégradables mis en décharge :
- en 2006, à 75 % en poids de la totalité des déchets municipaux biodégradables produits en 1995,
- en 2009, à 50 % en poids de la totalité des déchets municipaux biodégradables produits en 1995,
- en 2016, à 35 % en poids de la totalité des déchets municipaux biodégradables produits en 1995.

Suite à cette directive de nombreux pays, comme l'Allemagne, l'Espagne ou l'Italie, ont mis en place des installations de TMB avec pour objectif la stabilisation avant enfouissement. En effet, dans la majorité des pays européens, le TMB est uniquement utilisé pour stabiliser la matière organique afin de réduire la quantité de déchets mis en décharge.

Par exemple en Allemagne, le contexte réglementaire est à l'origine du développement des installations de TMB. En effet, l'instruction technique réglementaire de 1993 sur l'élimination des déchets (TASi[2]) a imposé à partir du 1er juillet 2005 de ne pas dépasser un taux de 5 % de matière organique dans les ordures ménagères en enfouissement. De plus, la production de compost en vue d'une utilisation agricole n'est autorisée qu'aux installations de traitement de déchets fermentescibles et de déchets verts collectés sélectivement. La politique de gestion des déchets en Allemagne s'oriente donc vers la stabilisation des déchets avant stockage. Mais cette réglementation possède des limites puisque les installations de stabilisation peinent à respecter ce critère très strict de 5 %.

Il n'existe pas de transposition de l'article 5 de la directive en France. L'arrêté du 9 septembre 1997 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux fixe les prescriptions techniques de construction et d'exploitation mais ne définit pas de valeur limite sur la teneur en matière organique ou la biodégradabilité des déchets à enfouir. Cependant les objectifs fixés par cet article sont suivis par la Commission européenne. Selon les pouvoirs publics, l'objectif de 2009, de réduire la quantité de déchets municipaux biodégradables mis en décharge à 50 % en poids de la totalité des déchets municipaux biodégradables produits en 1995, est déjà atteint.

1.2. Directive relative aux déchets

La directive 2008/98/CE relative aux déchets hiérarchise les modes de gestion des déchets. Elle met l'accent sur la prévention. Puis elle fixe comme priorité le réemploi et le recyclage dont les opérations de compostage, vient ensuite la valorisation énergétique et enfin l'élimination. Elle incite donc à privilégier les modes de traitement qui permettent une augmentation du taux de valorisation matière et/ou énergétique. Pour les déchets

[2] TASi : Technische Anleitung Siedlungsabfall

fermentescibles, cette réglementation permet de justifier le choix du TMB en vue de la valorisation.

2. FRANÇAISE

Il n'existe aucune réglementation spécifique relative au TMB. Les réglementations qui s'imposent aux installations de TMB sont celles qui traitent des déchets organiques, des installations de compostage, de méthanisation et de stabilisation, et de la mise sur le marché des produits.

2.1. Grenelle de l'environnement

La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation r elative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement suit les lignes directrices de la directive 2008/98/CE et fixe un certain nombre d'objectifs pour la gestion des déchets dans son article 46.

Il précise que « les quantités de déchets partant en incinération ou en stockage seront globalement réduites avec pour objectif, afin de préserver les ressources et de prévenir les pollutions, une diminution de 15 % d'ici à 2012 ».
Cette volonté de diminution des quantités de déchets dédiées à ce type d'installations peut inciter au développement du TMB qui stabilise la matière organique et donc baisse la quantité de déchets.

Cet article, dans le cadre de la politique de réduction des déchets, fixe notamment l'objectif national suivant : « Augmenter le recyclage matière et organique afin d'orienter vers ces filières un taux de 35 % en 2012 et 45 % en 2015 de déchets ménagers et assimilés ».
L'article 46 de la loi précise également l'importance d' « améliorer la gestion des déchets organiques en favorisant en priorité la gestion de proximité de ces derniers, avec le compostage domestique et de proximité, et ensuite la méthanisation et le compostage de la fraction fermentescible des déchets ménagers […] ». Pour atteindre cet objectif, « la méthanisation et le compostage de la fraction fermentescible des déchets séparés à la source seront encouragés dans un cadre de cohérence nationale et d'engagements contractuels de tous les acteurs concernés pour assurer notamment la qualité environnementale, sanitaire et agronomique des composts et la traçabilité de leur retour au sol, ainsi que la qualité du biogaz […] ».
Un panel d'outils, dont le TMB, pourrait être utilisé pour atteindre cet objectif d'augmentation de la valorisation organique. Cependant, selon le Grenelle, le compostage ou la méthanisation des déchets fermentescibles collectés sélectivement est à privilégier par rapport au TMB sur OMR.

2.2. Circulaire relative à la gestion des déchets organiques

La circulaire ministérielle du 28 juin 2001 relative à la gestion des déchets organiques rappelle les enjeux de la valorisation biologique et l'exigence de qualité irréprochable et d'innocuité des fertilisants organiques produits, elle recommande l'intégration de la valorisation biologique dans un système durable de gestion des déchets, ainsi que l'information et la concertation autour d'une filière assurant une qualité des produits et une fiabilité des débouchés. Elle préconise pour les unités de tri-compostage d'ordures ménagères existantes de se reconvertir en installation de pré-traitement mécano-biologique avant enfouissement en décharge, ou pour améliorer la qualité du compost d'utiliser les unités sur des biodéchets collectés sélectivement. Elle ne recommande donc pas la création d'installations de TMB pour le compostage ou la méthanisation.

2.3. *Réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement*

Les installations de compostage et de méthanisation sont soumises à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) (livre V, titre Ier du code de l'environnement).

Type d'installation	Rubrique ICPE	Régime	Arrêté fixant les règles techniques applicables à ces installations
Installation de compostage de la fraction fermentescible des ordures ménagères	2780-3	Autorisation	Arrêté du 22 avril 2008
Installation de méthanisation d'ordures ménagères	2781-2	Autorisation	Arrêté du 10 novembre 2009
Installation de stabilisation biologique	2780-3	Autorisation	Arrêté du 22 avril 2008

2.4. *Réglementation sur les matières issues du TMB*

Les matières issues de l'exploitation des installations de compostage et de méthanisation sont soumises à des réglementations spécifiques.

Contrairement à d'autres pays européens, la France autorise le compostage d'ordures ménagères résiduelles. Depuis février 2009, le compost produit doit obligatoirement répondre à la norme NFU 44-051. Il doit respecter des critères de composition en éléments fertilisants et des critères d'innocuité.
Cette norme autorise des teneurs en métaux et en inertes supérieures à celles d'autres pays européens. A terme, l'adoption d'une réglementation européenne sur les composts pourrait fixer des valeurs limites inférieures à celles de la norme française afin de s'aligner sur les critères des autres pays. Cependant les écarts existants entre les critères de qualité de compost exigés en France et ceux d'autres pays européens doivent être relativisés puisque les techniques d'analyse sont différentes.
La norme NFU 44-051 est en cours de révision, elle pourrait envisager d'introduire des critères plus stricts que ceux actuels. Les collectivités territoriales ont donc besoin de connaître la qualité de compost qui sera exigée dans l'avenir.
Par ailleurs, le projet de directive européenne sur les biodéchets, qui n'a pas abouti, avait prévu de réserver le compostage aux déchets fermentescibles triés à la source, la France étant l'un des seuls pays à autoriser l'épandage du compost issu d'une fraction organique triée mécaniquement sur des terres agricoles.
Un projet de règlement européen, dont la sortie est prévue pour octobre 2012, devrait autoriser le statut de produit uniquement aux composts issus de biodéchets collectés sélectivement et répondant aux critères de qualité, les composts issus de TMB garderaient leur statut de déchet et devraient alors être épandus.
Si une interdiction d'utilisation de compost issu d'ordures ménagères résiduelles en agriculture n'est pas imminente, elle pourrait à terme être appliquée au niveau européen et ainsi compromettre l'existence même des installations de TMB.

Contrairement au compost, le digestat issu de la méthanisation n'est soumis à aucune norme. En théorie, il peut être valorisé par épandage agricole en répondant aux exigences des articles L. 255-1 à L. 255-11 du Code rural, un plan d'épandage doit alors être défini pour utiliser ce digestat. Il conserve alors son statut de déchet.
Dans le cas où le digestat répond aux critères spécifiques des amendements organiques de la norme NFU 44-051, il peut être homologué.
Dans la pratique, il est en général composté pour être sûr de répondre aux exigences de la norme NFU 44-051.
Dans le cas de l'homologation ou de la normalisation, le digestat est considéré comme un produit.

Le biogaz produit lors de la méthanisation est épuré pour être valorisé sous forme d'énergie thermique ou électrique. L'arrêté du 19 mai 2011 fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz. La vente de chaleur produite par le biogaz n'est pas encadrée par un texte de loi. Les textes réglementaires autorisant l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel devraient être publiés au cours de l'été 2011.

Avis du Cercle National du Recyclage :
L'enjeu du TMB pour les collectivités territoriales est de répondre aux objectifs fixés par la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Elles doivent favoriser l'augmentation de la valorisation organique, qu'il s'agisse de valorisation matière ou énergétique, elles doivent pour cela choisir le traitement le plus adapté au contexte local.
Si elles font le choix de produire du compost, elles doivent répondre au minimum à la norme NFU 44-051 afin de trouver des débouchés. Cette norme risque d'évoluer vers un durcissement des seuils ce qui pourrait compromettre les exutoires des produits issus du TMB.
Il est primordial de rappeler que l'Etat privilégie la valorisation organique des déchets organiques triés à la source, à d'autres voies comme le TMB. La réglementation européenne pourrait même remettre en cause le TMB en accordant le statut de produit uniquement aux composts issus de biodéchets collectés sélectivement.

III. GISEMENT DE DECHETS CONCERNES

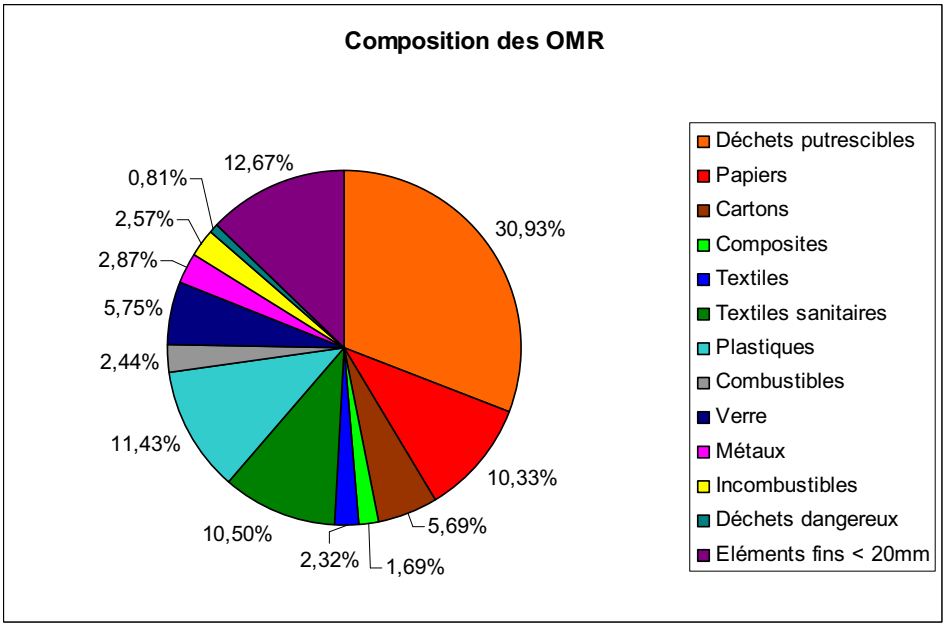
1. CARACTERISTIQUES

1.1. Composition

Les déchets arrivant en entrée d'une installation de traitement mécano-biologique sont les ordures ménagères résiduelles (OMR). Ils correspondent à la part d'ordures ménagères restant après les collectes sélectives. Ils sont donc composés de divers éléments (voir tableau ci-après). Les OMR représentent en moyenne 316,2 kg/hab/an, soit environ 80 % de la quantité totale des ordures ménagères.

Composition des Ordures Ménagères Résiduelles en 2007
(Source ADEME - MODECOM[3])

Catégories	En kg/hab/an
Déchets putrescibles	97,8
Papiers	32,7
Cartons	18,0
Composites	5,3
Textiles	7,3
Textiles sanitaires	33,2
Plastiques	36,1
Combustibles	7,7
Verre	18,2
Métaux	9,1
Incombustibles	8,1
Déchets dangereux	2,6
Eléments fins < 20 mm	40,1
Total	**316,2**



[3] MODECOM : Méthode de caractérisation des ordures ménagères

Le traitement mécano-biologique a pour objectif d'extraire la fraction fermentescible des ordures ménagères résiduelles. Cette fraction comprend :

- les déchets putrescibles composés des déchets biodégradables de jardin ou de parc, des déchets alimentaires ou de cuisine issus des ménages,
- les papiers et les cartons,
- et la fraction papiers souillés des textiles sanitaires.

L'ensemble de ces déchets représente 51,35 % des OMR soit 162,3 kg/hab/an.

En fonction du type d'installation d'autres déchets peuvent être acceptés dans une unité de TMB, il s'agit de déchets organiques comme les déchets verts collectés sélectivement, les boues de stations d'épurations, les déchets de l'agriculture tels que les lisiers, fumiers, ou encore les déchets de l'industrie agro-alimentaire tels que les épluchures.
Ces déchets, à l'exception des boues de stations d'épuration, sont mélangés :

- soit aux ordures ménagères résiduelles en tête du traitement pour répondre à la capacité de l'installation,
- soit à la fraction fermentescible séparée mécaniquement comme structurant au cours du process.

Les boues issues du traitement des eaux usées ne peuvent être ajoutées qu'à un compost déjà conforme.
Le mélange ne doit se faire que s'il y a un intérêt à traiter différents flux conjointement, par exemple pour optimiser la vitesse de dégradation. Si l'objectif de l'installation est de produire du compost, le mélange ne doit pas affecter sa qualité.
Un projet de décret relatif aux gros producteurs de biodéchets imposera un tri à la source, il ne serait donc pas pertinent de mélanger les déchets visés par cette réglementation avec des OMR.

1.2. Particularité

D'après l'étude du MODECOM de l'ADEME, contrairement à ce que l'on pourrait croire, il n'y a que très peu de différence (3 à 4 %) de composition de la fraction fermentescible des OMR entre le milieu urbain, péri-urbain et rural, elle est quasi identique quelque soit le type de milieu.

Cependant les observations de terrain indiquent, par contre, que sur une année il existe de fortes variations dues à la saisonnalité. En effet, il y a une production plus élevée de déchets de jardin et d'espaces verts entre mai et septembre. Ces variations doivent donc être prises en compte dans le fonctionnement de l'installation de TMB. Le dimensionnement de la fosse et la capacité de stockage doivent être adaptées à ces pics de production de déchets.

1.3. Evolution de la composition

Depuis une quinzaine d'années, la composition des OMR a évolué. Ce changement est essentiellement dû à une modernisation de la gestion globale des déchets et à une modification de la constitution des produits mis sur le marché. D'après l'étude du MODECOM entre 1993 et 2007 la matière organique totale présente dans les OMR a augmenté d'environ 6%. De plus, des analyses plus poussées font apparaître une baisse de la toxicité de ces déchets. La plupart des éléments traces métalliques ont nettement diminué dans les OMR.

Evolution de la teneur en métaux des OMR

Composant	Diminution observée entre 1993 et 2007
Cuivre	94,66%
Cadmium	67,50%
Chrome	52,46%
Nickel	58,33%
Zinc	69,90%
Mercure	96,67%
Arsenic	50,00%
Sélénium	-10,00%

Ces éléments traces métalliques (E.T.M.) sont essentiellement présents dans les plastiques, les métaux, le verre et les composites.
La baisse de la teneur en métaux est due à l'évolution de la gestion des déchets. Notamment la mise en place de la collecte sélective des déchets d'emballages ménagers a permis de réduire les plastiques présents dans les OMR, sources d'E.T.M.. Un certain nombre d'éléments polluants ont été extraits grâce au développement des réseaux de déchèteries, mais aussi sous l'impulsion de la création des filières à responsabilité élargie des producteurs. Les déchets d'équipements électriques et électroniques ou encore les piles suivent une filière dédiée et ont ainsi été retirés en partie des OMR.
La diminution de la présence d'éléments traces métalliques dans les OMR résulte aussi d'un changement des composants utilisés dans les produits, par exemple les encres d'imprimerie sont à base de composés organiques et non plus de métaux. Les débuts de l'éco-conception ont permis d'améliorer la composition de certains produits en réduisant leurs impacts environnementaux.
Les données du MODECOM datant de 2007, on peut supposer que la constitution des OMR en éléments traces métalliques a encore diminué depuis.

Cette évolution de la composition des OMR a permis d'améliorer de manière significative le compost produit à partir de TMB par rapport au début de la création de ce type d'installation.
La composition des OMR devrait dans l'avenir encore évoluer avec la réglementation, notamment avec le règlement REACH qui restreint l'emploi de certaines substances chimiques et de nouvelles filières de responsabilité élargie des producteurs comme celle des déchets diffus spécifiques qui va extraire de nouvelles quantités.

Avis du Cercle National du Recyclage :
La mise en place de collectes sélectives des déchets d'emballages et du verre, la présence de réseaux de déchèteries pour collecter les déchets dangereux devraient être des conditions nécessaires et obligatoires pour créer une installation de TMB en vue du compostage.
Pour s'assurer d'obtenir la meilleure qualité de compost possible, il est important que les flux de déchets présentant des éléments polluants soient écartés au maximum notamment en développement un réseau important de déchèteries ou une collecte de proximité pour les déchets dangereux. La création de TMB peut être compromise si le tri des déchets d'emballages n'est pas bien appliqué par les citoyens et s'ils n'ont pas facilement accès à une déchèterie car si des déchets, comme un solvant, se retrouvent dans les OMR ils risquent de polluer le reste du gisement et d'être à l'origine de la production d'un compost non-conforme. Ainsi dans les grosses agglomérations où l'habitat vertical est fortement présent, la mise en place d'un TMB peut être délicate et doit être évité s'il n'est pas possible de faire respecter les consignes de tri.

2. POTENTIEL DE VALORISATION ORGANIQUE

D'après les données du MODECOM de l'ADEME sur la composition des ordures ménagères de 2007, il est possible d'estimer le potentiel de valorisation organique des ordures ménagères résiduelles à 59 % (voir Annexe I), dont :

- 29,7 % pour les déchets putrescibles avec 22,8 % de déchets alimentaires, 4,7 % de déchets de jardin et 2,2 % de produits alimentaires non consommés sous-emballage ; les "autres putrescibles" (cadavres d'animaux, excréments, croquettes et aliments pour animaux, peaux de lapin) n'ont pas été intégrés à cette part valorisable ;
- 10,3 % pour les papiers ;
- 5,7 % pour les cartons ;
- 4,4 % de textiles sanitaires correspondant à la fraction papiers souillés (mouchoir en papier, essuie-tout…)
- et 8,9 % d'éléments fins.

Ce potentiel de valorisation peut représenter 186,6 kg/hab/an, soit environ 12 millions de tonnes. Même s'il est probablement surestimé, il reste non négligeable.
L'objectif du Grenelle d'atteindre un taux de recyclage de 75 % pour les déchets d'emballages réduira les quantités de papiers et cartons présents dans les OMR et donc ce potentiel.
L'exploitation de ce potentiel de valorisation dépend des modalités de collecte et des consignes de tri.

La collecte sélective des biodéchets permet à l'heure actuelle de recueillir en moyenne entre 40 et 50 kg/hab/an de déchets putrescibles. Les collectivités territoriales qui acceptent les cartons ou les déchets verts possèdent évidemment des performances de collecte plus élevées, supérieures à 100 kg/hab/an. Si cette collecte sélective permet de produire un compost répondant à la norme, pour certains territoires les quantités collectées sont plus faibles que celles escomptées.
En milieu urbain, une des difficultés réside dans la mise en place d'un bac supplémentaire dédié aux déchets fermentescibles particulièrement en habitat vertical.
La collecte sélective des déchets fermentescibles peut également engendrer un coût supplémentaire élevé puisqu'en général une tournée de ramassage est ajoutée, surtout dans les milieux où les distances à parcourir sont plus importantes.
Ces constats (difficulté de mise en place, surcoût) amènent les collectivités locales à s'interroger sur les autres modes possibles de gestion de la fraction fermentescible comme le TMB.

Lorsqu'il existe une collecte sélective des biodéchets sur le territoire, la quantité de déchets fermentescibles présents dans les OMR sera faible, ce qui annule littéralement l'intérêt de mettre en place une installation de TMB. De plus, il est délicat de communiquer aux habitants deux messages semblant contradictoires sur les consignes de tri des déchets organiques. Ces dernières risquent d'être mal comprises et d'entraîner un désengagement des usagers pour la collecte sélective des déchets organiques. En conséquence, il ne paraît pas pertinent de mettre en place une collecte sélective des déchets fermentescibles triés à la source avec une unité de TMB sur OMR sur un même territoire.

Avis du Cercle National du Recyclage :
Avant la création d'une installation de TMB pour permettre son dimensionnement, une étude qualitative et quantitative doit être menée pour connaître le gisement potentiellement captable au niveau local. Ainsi sur les territoires en collecte sélective des déchets fermentescibles, il est quasi improbable qu'une installation de TMB sur OMR soit pertinente.

IV. ASPECTS TECHNIQUES

1. PRINCIPE DU TMB

Le TMB s'applique aux ordures ménagères résiduelles. Comme précisé auparavant, son objectif est d'extraire la fraction organique du reste des OMR. Il combine :

- des opérations de traitement et de tris mécaniques qui segmentent et isolent différentes fractions des OMR selon les procédés : déchets fermentescibles, refus, métaux (overband), plastiques… ;
- à des opérations biologiques telles que le compostage ou la méthanisation qui permettent de valoriser en compost ou en biogaz la fraction fermentescible isolée ou de la stabiliser avant enfouissement.

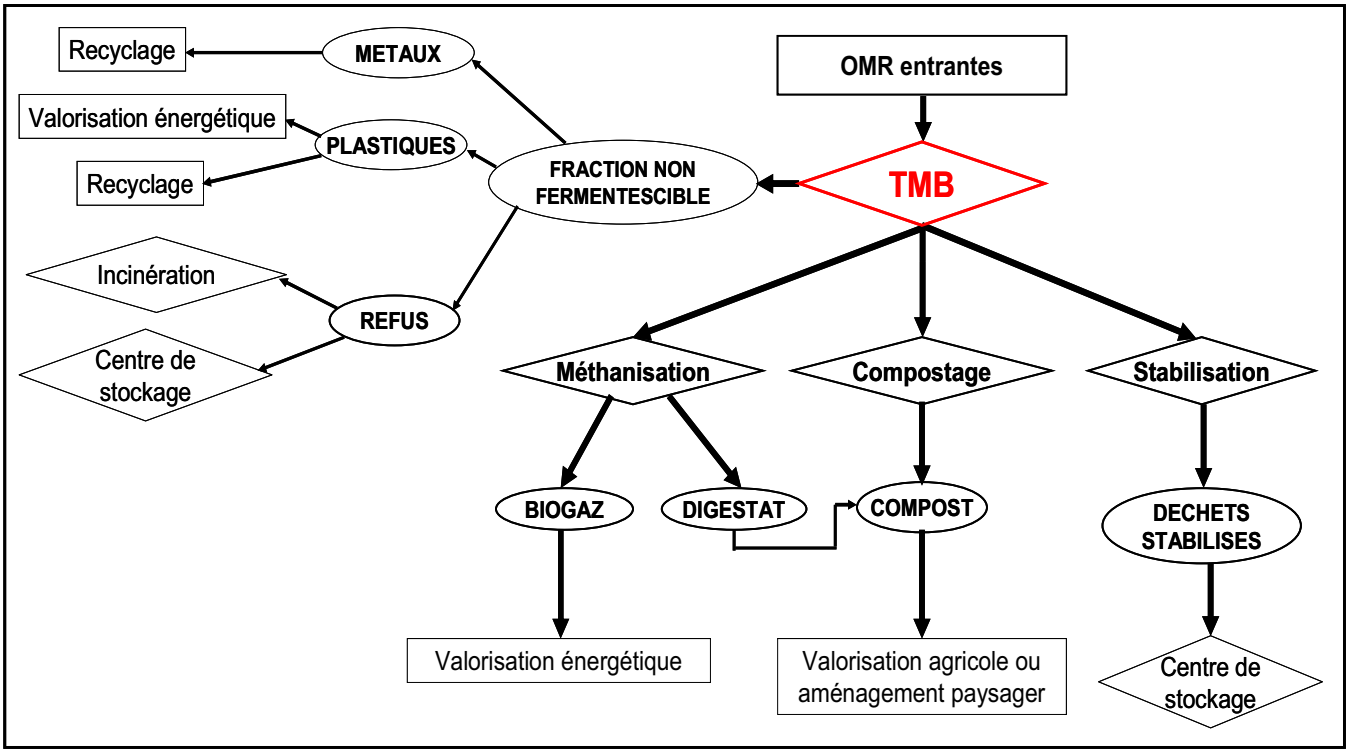
Cette séparation de la fraction fermentescible est faite en vue de :

- produire du compost,
- et / ou produire de l'énergie sous forme de biogaz,
- et / ou réduire la quantité de déchets destinés au stockage.

Les procédés de TMB seront donc très différents selon la filière aval retenue.

La fraction non fermentescible peut passée sur des équipements permettant la séparation de différentes fractions afin de réduire la quantité à "éliminer" et d'augmenter le recyclage. Les matériaux récupérés sont les métaux en vue du recyclage, ou les plastiques en vue du recyclage ou de la valorisation énergétique (CSR), mais cela ne peut pas être la priorité recherchée lors de la création d'une installation de TMB.
Les refus qui ne peuvent être valorisés doivent être éliminés en incinération ou en centre de stockage.

Diagramme synoptique du TMB



<u>Avis du Cercle National du Recyclage</u> :
Si une collectivité locale décide de mettre en place un TMB, elle doit l'envisager et l'intégrer dans un système de gestion globale des déchets, car ce traitement n'est qu'une étape entre la collecte et la destination finale des déchets.

La création de ce type d'installation doit se faire tout en ayant anticipé les évolutions réglementaires possibles.

Le choix du TMB doit se faire après avoir examiné les différentes solutions possibles pour valoriser les déchets organiques ou pour réduire la quantité d'ordures ménagères. La collectivité doit être sûre de la pertinence au niveau local de mettre en place ce type de filière.

2. DIFFERENTS PROCEDES

Il existe donc différents procédés en fonction du but visé : la production de compost, de biogaz ou de déchets stabilisés. Les éléments proposés ci-après pour les procédés sont des exemples et non des modèles figés, des évolutions peuvent y être apportées, aussi bien en ajoutant des équipements qu'en en supprimant certains. Cependant les schémas présentés semblent être la base pour obtenir l'objectif souhaité.

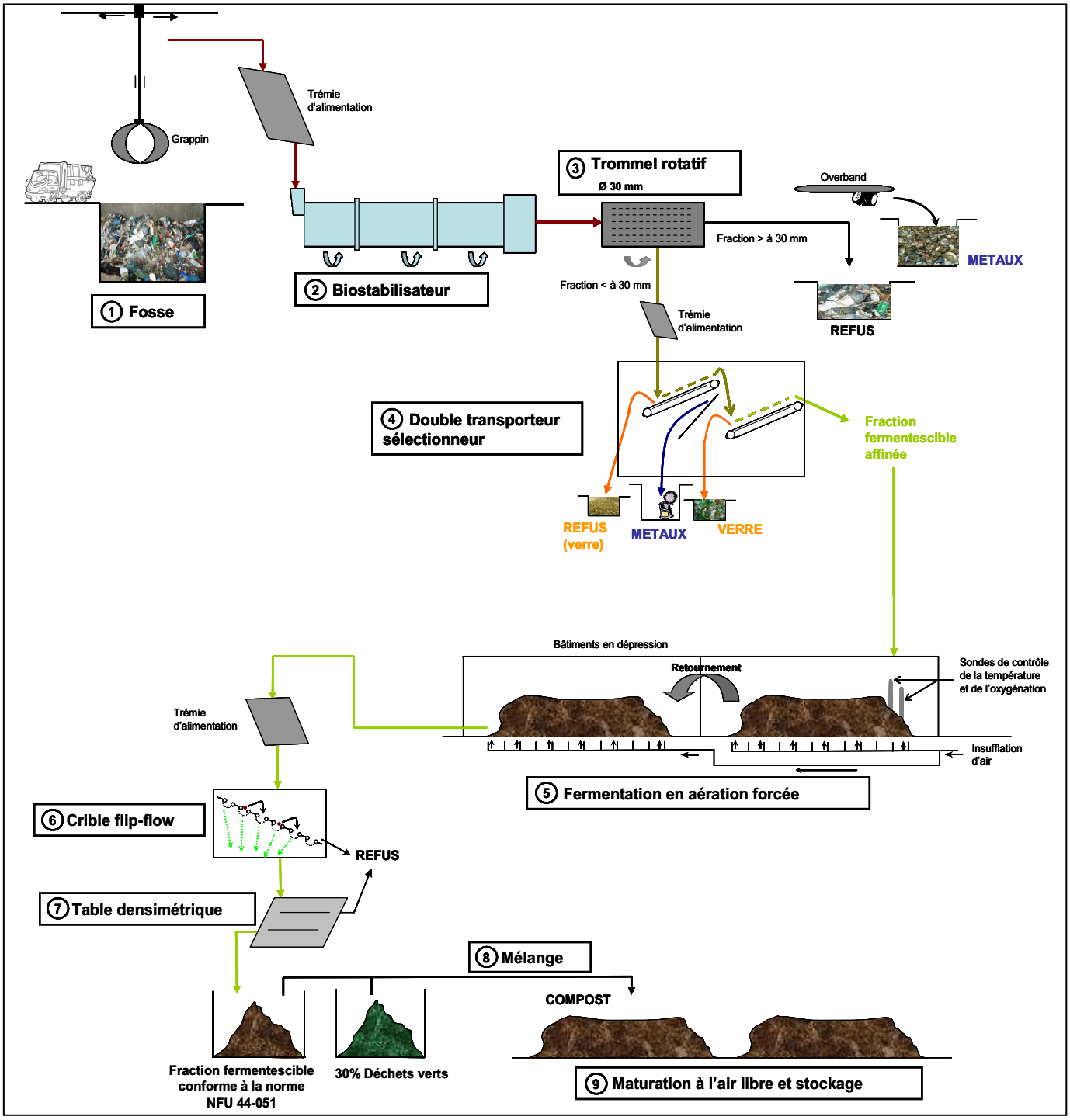
2.1. Compostage / Méthanisation

Les techniques ont fortement évolués par rapport aux années 80 où les premières installations de TMB broyaient les déchets en tête du procédé, ce qui avait pour conséquence de disperser les polluants dans les OMR. Les techniques d'affinage ont aussi été améliorées permettant ainsi de produire un compost de meilleure qualité.

2.1.1. Compostage

Le TMB suivi du compostage est également appelé « tri-compostage », il consiste à séparer mécaniquement la fraction fermentescible des OMR pour la valoriser grâce à une fermentation aérobie permettant d'obtenir une matière fertilisante stabilisée riche en composés humiques : le compost.

Schéma du TMB en vue du compostage



① Une première étape est l'examen des déchets lors du vidage de la benne d'ordures ménagères résiduelles dans la fosse afin d'identifier et de retirer tous les indésirables tels que les déchets volumineux, les déchets ménagers spéciaux (pesticides, solvants…). Les éléments dangereux contamineraient le reste des ordures ménagères et ne permettraient pas la production d'un compost conforme à la norme.
L'utilisation d'un broyeur en entrée, comme dans les années 80, est à proscrire car il disperserait les éventuels éléments polluants.
Un grappin permet ensuite d'alimenter un biostabilisateur.

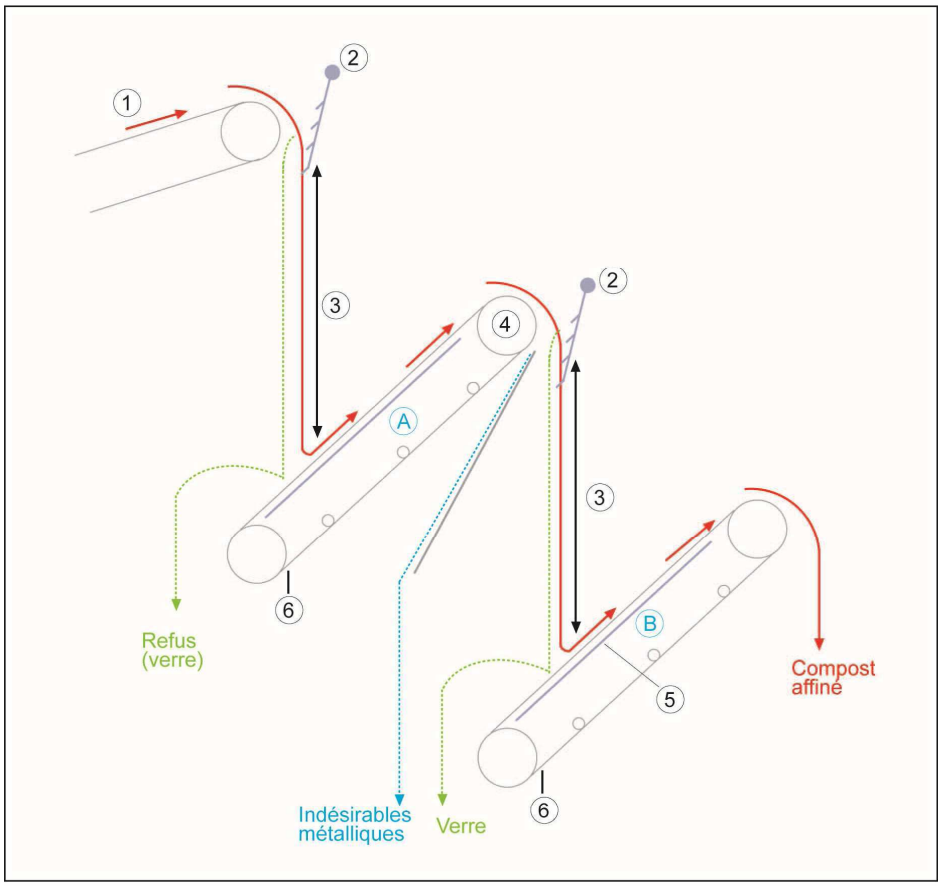
② Le biostabilisateur ou tube de fermentation permet une pré-fermentation de la fraction fermentescible des OMR. Il s'agit en fait d'un cylindre rotatif dont la rotation en continue assure un brassage et une aération des déchets ainsi que leur évacuation vers son extrémité. Afin d'accélérer la décomposition des déchets, ils sont arrosés et ventilés. La fraction fermentescible est ainsi réduite, ce qui permettra avec le criblage ultérieur de la dissocier grâce à sa granulométrie plus petite. La durée de séjour des déchets à l'intérieur du biostabilisateur est de 4 à 6 jours. Sachant que le taux de refus diminue lorsque le temps de séjour augmente, le séjour des déchets dans le biostabilisateur ne doit pas être trop court, sinon la matière organique part avec le refus. La vitesse de rotation est d'un tour par minute. Le biostabilisateur est un équipement onéreux mais c'est un élément clé pour obtenir un compost de qualité, il ne faut donc pas chercher à faire d'économie sur cette étape.
Sur le terrain, le problème rencontré au niveau des biostabilisateurs est la formation de torons (gros boudins de films plastiques et textiles) qui peuvent endommager les équipements. S'ils ne se dissocient pas tous seuls, ils doivent être retirés manuellement d'où la nécessité d'avoir une bonne accessibilité à l'avant du biostabilisateur.

Un tapis roulant transporte les déchets pré-fermentés jusqu'à un trommel.

③ Le trommel ou crible rotatif de maille 30 ou 40 mm sépare les déchets en fonction de leur calibre.
Les déchets de diamètre supérieur à la maille (30 ou 40 mm) constituent les refus. Les métaux présents dans ces refus peuvent être extraits par overband (électro-aimant).
Les déchets de diamètre inférieur à 30 ou 40 mm vont poursuivre l'affinage. Ils vont vers une trémie qui régularise et limite le débit vers le double transporteur sélectionneur.

④ Le double transporteur sélectionneur permet de trier les déchets par rebond. Les éléments lourds (verre) rebondissent et chutent vers le bas, tandis que ceux plus mous comme la matière organique sont entraînés par le tapis. L'intérêt des deux transporteurs successifs est d'avoir un premier dégrossissage, puis d'alimenter le second avec une couche plus mince de déchets pour augmenter l'efficacité de l'affinage.
Cet équipement fonctionne sur des déchets de granulométrie comprise entre 50 et 3 mm. Le débit sur le premier transporteur ne doit pas être trop élevé pour permettre le rebond des particules lourdes, il est conseillé de 6 tonnes/heure.
Le débit, la hauteur de chute et l'inclinaison des tables sont trois paramètres très importants, ils doivent être bien réglés pour séparer les éléments lourds des légers. Ce sont des erreurs caractéristiques sur certaines usines. Si le débit est trop important, la matière organique va se trouver piégée dans les éléments lourds et sera entraîner par rebond avec eux. Si la hauteur de chute n'est pas suffisante les éléments lourds ne rebondissent pas et se retrouvent donc avec les éléments légers.
Les éléments ferreux sont captés grâce à un tambour magnétique placé en aval.

Schéma du double transporteur sélectionneur



1. Tapis d'alimentation : déchets < 30 mm, 8 t/h maxi
2. Tôle à ailettes inclinée à 70° par rapport à l' horizontale pour casser les mottes
3. Hauteur de chute : 1,5 à 2 m
4. Tambour magnétique
5. Plaque de tôle pour rigidifier la bande transporteuse
6. Racleur

A 1er tapis sélectionneur : Inclinaison 33 à 38°, Vitesse 2 m/s
Largeur 1,20 à 1,40 m, Entre-axe 2,5 à 3 fois la largeur

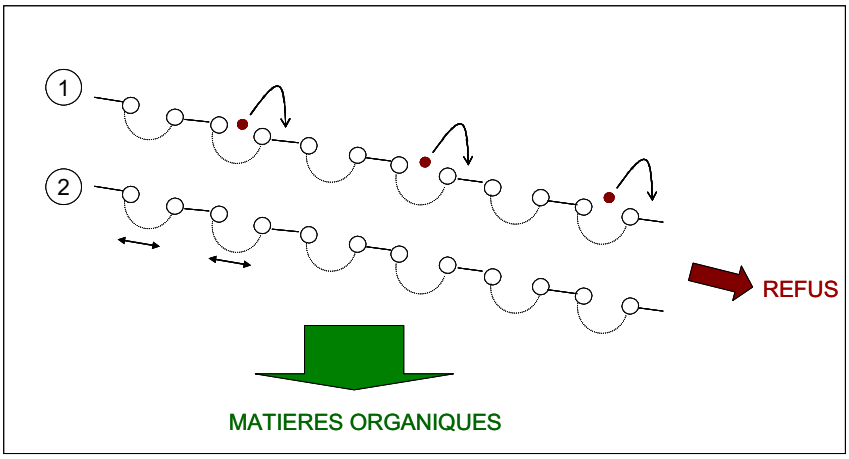
B 2e tapis sélectionneur : Inclinaison 35 à 40°, Vitesse 2,2 m/s
- la chute du compost doit se faire à 50 cm de l'axe bas du tapis
- le verre doit rebondir de 55-60° par rapport au tapis

⑤ La matière organique récupérée grâce au double transporteur va subir une fermentation pendant 3 semaines. Elle se fait en aération forcée en silos avec brassage. Les brassages assurent l'oxygénation et la dilacération. De l'eau peut être ajoutée pour accélérer la décomposition. La fermentation doit provoquer une augmentation de la température et ainsi assécher en partie le produit, mais pour obtenir un produit relativement sec pour l'affinage est ajoutée une aération forcée, comme par exemple un réseau de drain insufflant de l'air sous les déchets. Cette deuxième phase de fermentation permet de réduire à nouveau la granulométrie des déchets fermentescibles pour pouvoir les récupérer lors de l'affinage qui va suivre.
Les bâtiments sont mis en dépression pour récupérer les mauvaises odeurs et gaz émis, un biofiltre peut être nécessaire pour traiter ces gaz et respecter les niveaux réglementaires d'odeurs sur site.

L'affinage nécessitant un débit faible, une trémie d'alimentation permet de le réguler.

⑥ Des cribles de type flip-flow ou à effet « trampoline » permettent d'extraire les éléments fins avec une maille comprise entre 6 mm et 10 mm en limitant les risques de colmatage. Cette maille fine permet notamment de retirer les plastiques et ainsi d'essayer d'atteindre les critères fixés par la norme NFU 44-051.

Schéma de principe des cribles à « effet trampoline »



Les toiles avec un maillage très fin laissent passer les éléments organiques qui sont récupérés en dessous. Grâce à l'élasticité des toiles et l'inclinaison de l'équipement, les éléments rigides (refus) rebondissent d'une toile à l'autre jusqu'à atteindre l'extrémité où ils seront éliminés.
Les usines en cours d'exploitation rencontrent une difficulté particulière sur cet équipement, les cotons tiges arrivent debout sur la maille, passent à travers et polluent ainsi le futur compost. A l'heure actuelle, certaines usines réalisent des essais pour éviter que les cotons tiges ne se mettent debout.

⑦ Des tables densimétriques permettent ensuite de séparer les éléments lourds (refus comme le verre) des éléments organiques fins, de granulométrie inférieure à 3 mm. Pour que le fonctionnement de cet équipement soit optimal, l'humidité du produit doit être inférieure à 30% et le débit inférieur à 5 tonnes/heure. Les tables densimétriques nécessitent un entretien important, elles doivent être nettoyées et réglées au moins une fois par jour. Mais leur utilisation doit permettre d'obtenir un compost de meilleure qualité.

Généralement, il est conseillé de mettre ces équipements après la fermentation. Cependant, pour réaliser un affinage encore plus poussé, il est possible de rajouter des cribles flip-flow et des tables densimétrique en amont de la fermentation.

A ce moment du traitement, les éléments organiques issus des tables densimétriques doivent répondre à la totalité des critères d'innocuité de la norme NFU 44-051.

⑧ La fraction fermentescible peut alors être mélangée à 30% de déchets verts de granulométrie plus importante (15 à 30 mm) de manière à fournir une aération et une porosité facilitant la suite de la fermentation.
Il est possible de multiplier les brassages pour obtenir cette aération du produit sans qu'il soit nécessaire d'ajouter des déchets verts comme structurant.
L'ajout de déchets verts ne doit pas servir à diluer un compost qui ne répondrait pas aux critères de la norme, mais uniquement comme structurant pour la fermentation.

Si le compost ne répond pas à la norme à la sortie des tables densimétriques, il doit être éliminé comme les refus ce qui engendrera des coûts importants.

⑨ La maturation du compost se fait à l'air libre pendant un mois. Le compost est ensuite stocké pendant deux mois.
Le compost présente une toxicité inhérente aux végétaux due aux phytotoxiques naturels et aux herbicides. Ce stockage de deux mois est donc nécessaire pour qu'ils se dégradent.
Si les analyses du compost montrent qu'il est conforme, il sera utilisé comme amendement organique sur les terres agricoles.

Ce procédé permet d'obtenir une matière valorisable : le compost, mais il génère également des refus qu'il faudra éliminer en incinération ou en centre de stockage.

L'exemple du procédé développé ci-dessus se base sur une fermentation avant l'affinage, il permet d'obtenir une bonne qualité de compost, mais il est possible d'effectuer la fermentation en aération forcée après l'affinage juste avant la maturation.
Le procédé présenté n'est qu'un exemple et reste adaptable, il est possible d'utiliser des équipements analogues ou de mettre en place des procédés alternatifs mais l'objectif doit toujours être d'obtenir un compost de la meilleure qualité possible.
Dans tous les cas, chaque étape du procédé étant liées, il est essentiel de vérifier la cohérence et leur comptabilité entre elles.

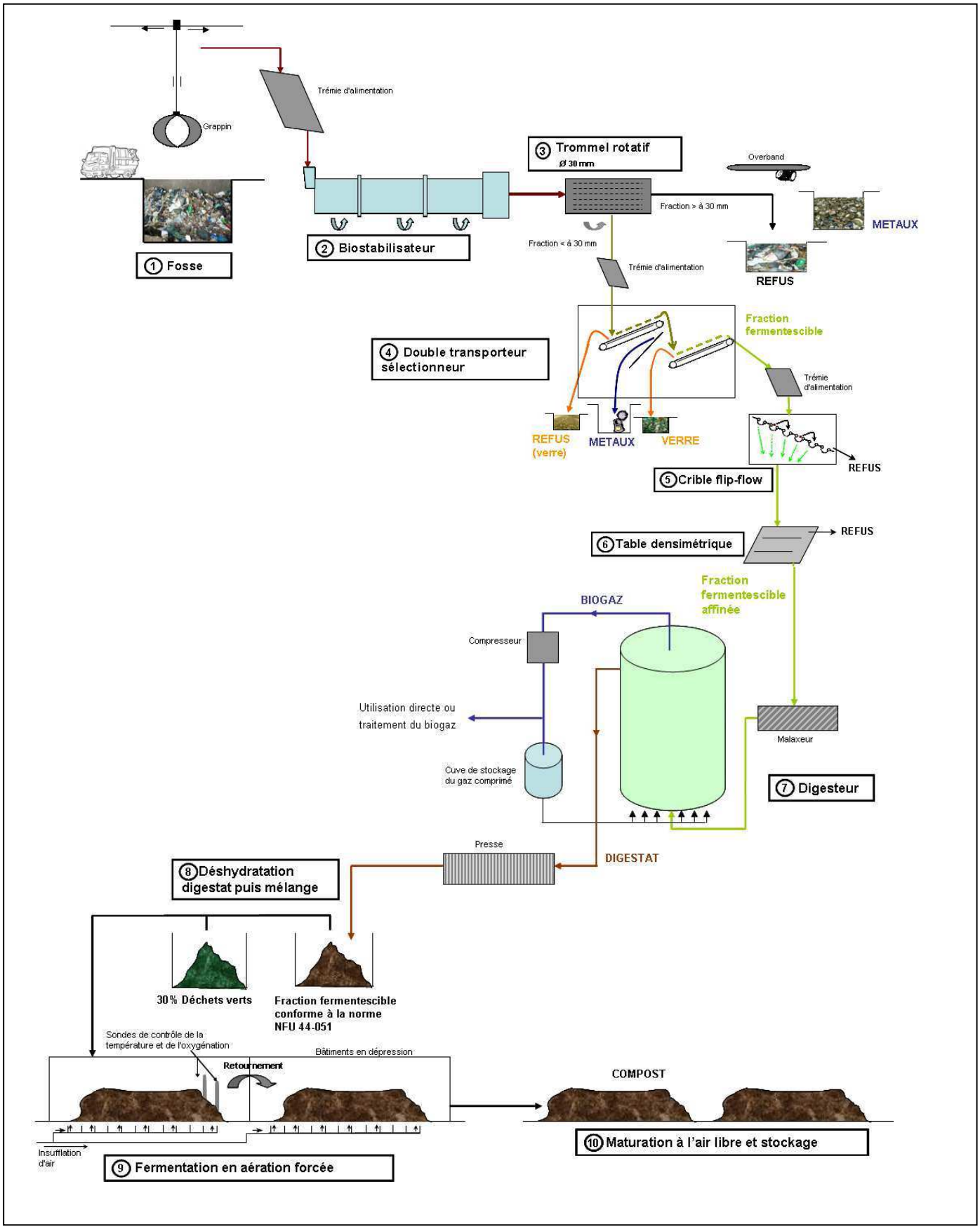
En France, les installations de compostage sur OMR ont en moyenne aujourd'hui une capacité de 35 000 à 40 000 tonnes. Mais il existe des écarts importants dus aux particularités locales qu'il est nécessaire de prendre en compte.

Avis du Cercle National du Recyclage :
Le **Cercle National du Recyclage** recommande d'opter pour la solution permettant d'obtenir la meilleure qualité de compost possible afin de se préparer aux évolutions réglementaires qui risquent de définir des critères plus stricts (règles européennes).

2.1.2. Méthanisation

A l'heure actuelle, les installations de méthanisation sur ordures ménagères étant peu nombreuses, il est plus difficile d'analyser les retours d'expérience pour ce type d'équipement. Les procédés risquent d'évoluer dans les prochaines années.
Si les principes sont proches de ceux exposés pour le compostage, la fraction fermentescible est valorisée par méthanisation c'est-à-dire une fermentation anaérobie qui conduit à la production de biogaz et de digestat, donc le procédé diffère.

Schéma du TMB en vue de la méthanisation



La première partie du schéma s'apparente à celle du schéma précédent du TMB en vue du compostage en ayant soustrait l'étape ⑤ de fermentation. Le détail des six premières étapes est donc précisé dans la partie précédente.

⑦ La fraction fermentescible affinée des ordures ménagères va être soumise à une méthanisation ou fermentation anaérobie. Le taux d'humidité des déchets doit être supérieur à 60 % pour permettre le bon déroulement de la méthanisation, il se situe en général entre 70 et 90 %. Les OMR sont humidifiées car elles présentent une teneur en eau inférieure. Les déchets organiques vont subir une dégradation contrôlée en l'absence d'oxygène qui est assurée par différentes bactéries. Cette dégradation a lieu dans un digesteur et aboutit à une production :

- de biogaz riche en méthane, valorisable en énergie,
- et de digestat, un résidu organique riche utilisable comme amendement organique.

Ce procédé nécessite un temps de séjour de 20 jours à une température :

- de 35℃ pour les bactéries mésophiles,
- de 55℃ pour les bactéries thermophiles.

La température est régulée grâce à la circulation d'eau chaude sur un échangeur interne ou externe au digesteur.

Cette phase de méthanisation doit être réalisée exclusivement sur des déchets fermentescibles. Le tri et l'affinage doivent donc intervenir en amont pour retirer les indésirables tels que le verre et les plastiques.
Les techniques d'affinage actuelles ne permettent pas de retirer les indésirables présents dans le digestat qui reste pâteux et humide même après l'étape de déshydratation. Le digesteur doit donc être conçu pour évacuer les inertes résiduels qui flottent ou décantent en fonction de leur densité.

La méthanisation doit pouvoir être court-circuitée grâce à un by-pass pour faire face aux difficultés qui peuvent se présenter comme : la capacité insuffisante du digesteur à un moment donné, une panne du digesteur nécessitant sa vidange, …

Une partie du biogaz est parfois mise en réserve comme stock tampon pour lisser les variations de production et ainsi permettre une alimentation continue en énergie. Le biogaz est ensuite traité pour être valorisé sous forme d'énergie thermique ou électrique. L'épuration du biogaz permet d'éliminer le gaz carbonique, l'eau, le dihydrogène sulfuré et les composés organiques volatils et de l'enrichir en méthane. Elle est plus ou moins poussée selon le mode de valorisation :

- pour la production de chaleur, le seuil minimal en méthane se situe à 20 % et les contraintes d'épurations sont faibles ;
- pour la production d'électricité, le biogaz doit contenir au moins 40 % de méthane ;
- pour son utilisation comme carburant, les exigences techniques pour l'épuration sont plus élevées, le biogaz comprend au minimum 96 % de méthane ;
- pour l'injection dans le réseau, le biogaz doit répondre aux spécifications du gestionnaire de réseau, les contraintes d'épuration sont fortes, le biogaz doit être composé entre 95 et 98 % de méthane.

⑧ Le digestat est très pâteux, humide et peu fermentescible suite à la méthanisation, ce qui l'empêche d'initier le processus de compostage. S'il ne parvient pas à sécher, il ne pourra pas fermenter et risque de ne pas atteindre les critères fixés par la norme. Le digestat subit donc une déshydratation mécanique grâce à différents équipements (filtre presse, centrifugeuse…). Puis il est mélangé à environ 40% de déchets verts (de type ligneux) de granulométrie comprise entre 15 et 30 mm, ce qui permet de

réduire encore l'humidité, d'apporter une aération et une porosité suffisante pour faciliter la reprise en fermentation aérobie imposée par la norme NFU 44-051.
Une partie du digestat peut être recirculée en tête du digesteur.

⑨ Le mélange de digestat et de déchets verts subit une fermentation en aération forcée en silos avec brassage pendant un mois.
Les bâtiments sont mis en dépression pour capter les odeurs et les gaz. Un biofiltre peut être ajouté pour traiter les gaz.

⑩ Le mélange entre en maturation pendant un mois avant d'être stocké. S'il répond aux critères de la norme NFU 44-051, il pourra être épandu sur des terres agricoles.

La capacité des installations de méthanisation sur OMR varie entre 72 000 tonnes et 220 000 tonnes. Pour garder une maîtrise des coûts, il semble que la capacité de l'installation doit être au minimum de 80 000 tonnes.

La méthanisation permet la valorisation de deux produits : le biogaz et le digestat. L'objectif est donc double permettre à la fois un rendement du biogaz satisfaisant et une qualité de compost élevée.
Cependant la méthanisation est un procédé plus délicat à mettre en œuvre et quelques difficultés techniques peuvent apparaître. L'équilibre des bactéries est notamment fragile, le digesteur est sensible à la nature et aux caractéristiques des déchets entrants, ce qui peut modifier le rendement en biogaz. Certains digesteurs ne permettent également pas une agitation homogène, aboutissant à la décantation des déchets puis au colmatage du digesteur nécessitant de le vider totalement. La maîtrise du procédé et l'entretien des équipements sont donc indispensables pour assurer le bon fonctionnement de l'installation.

2.1.3. Bilan matière

Le compostage et la méthanisation sur OMR permettent par des procédés similaires une valorisation matière ou énergétique. En sortie des installations, le bilan matière par rapport à la proportion de déchets entrants est le suivant :

	Pourcentage
Compost	15 à 35 %
Biogaz	1 à 10 %
Métaux	1 à 5 %
Refus	45 à 60 %
Pertes matières	15 à 30 %

2.1.4. Ajout d'autres déchets organiques

- <u>Cas du mélange en entrée</u>

Pour le compostage et la méthanisation, l'ajout de déchets fermentescibles autres que les OMR en entrée présente l'intérêt d'augmenter la capacité de l'installation pour qu'elle soit économiquement plus rentable.
Les déchets organiques ajoutés aux OMR à l'entrée du biostabilisateur sont essentiellement les déchets de l'industrie agro-alimentaire ou de la restauration. Pour certains, ils peuvent être composés des déchets non organiques comme les plastiques, ils doivent donc suivre l'ensemble du procédé de TMB de manière à ce que ces éléments indésirables soient extraits.
Quelque soit le mélange, celui-ci doit être adapté aux OMR entrantes. Par exemple, les déchets issus de l'industrie agro-alimentaire sont souvent humides, il est donc nécessaire d'adapter leur quantité à celle des OMR pour réduire cette humidité et permettre le compostage.

- Cas du co-compostage

Des déchets organiques peuvent être ajoutés pour le compostage avant la dernière étape de fermentation. Les déchets ajoutés sont essentiellement les déchets verts (ligneux), utilisés comme structurant, ils présentent l'avantage d'apporter une aération et une porosité au compost.
Pour produire un compost répondant à la norme, les déchets qu'il est possible de mélanger avec les OMR sont ceux répondant aux dénominations de la norme NFU 44-051. Mais le mélange de déchets ne doit pas modifier la qualité du produit fixé par le cahier des charges.
L'ajout de divers déchets en tête de traitement dans le but de diluer les polluants ou indésirables est interdit par les arrêtés fixant les prescriptions techniques applicables aux installations soumises à autorisation.
La circulaire du 6 mars 2009 relative à l'application de l'arrêté du 22 avril 2008 sur les installations de compostage soumises à autorisation rappelle à son article 12 qu'il est interdit de mélanger des composts ne répondant pas à la norme avec des composts de meilleure qualité en vue de permettre au mélange de respecter la norme NFU 44-051.

La norme NFU 44-051 ne prévoyant pas le cas du co-compostage boues de STEP/ordures ménagères résiduelles, il faut dans ce cas recourir à une procédure de plan d'épandage ou à une homologation. Les boues de STEP sont alors mélangées au compost répondant déjà à la norme NFU 44-051, mais il faudra multiplier les retournements.

- Cas de la co-digestion

Pour la méthanisation, les déchets organiques sont ajoutés à la fraction fermentescible des OMR triée mécaniquement à l'entrée du digesteur. Il est possible de mélanger les OMR à des graisses ou huiles, des fumiers, des lisiers ou des boues de station d'épuration. Les graisses et les huiles possèdent un fort pouvoir méthanogène, d'où leur intérêt. A l'inverse, la fraction fermentescible des OMR permet d'augmenter le pouvoir méthanogène des fumiers, des lisiers et des boues de STEP.

Avis du Cercle National du Recyclage :

Pour le **Cercle National du Recyclage**, la mise en place d'une collecte sélective performante des déchets dangereux est un préalable à la création d'un TMB. En effet, sinon les molécules polluantes vont se disperser et contaminer les ordures ménagères rendant la production d'un compost répondant à la norme impossible. De même, des collectes sélectives efficaces des emballages et du verre sont indispensables. Le TMB nécessite d'écarter tous ces éléments indésirables afin d'atteindre au minimum les critères de la norme NFU 44-051.
Pour tendre vers une extraction de la matière organique dans laquelle aucun élément indésirable ne serait présent, le deuxième point essentiel est la performance du tri mécanique. Les procédés doivent être mûrement réfléchis avant même la conception, les équipements doivent être dimensionnés correctement et la recherche d'économie lors de l'investissement sur le biostabilisateur et les installations de séparation des indésirables est à éviter, sachant qu'elle ne sera pas rentable si le compost ne répond pas à la norme car il devra être enfoui. Une fois en fonctionnement, ces équipements nécessitent des réglages fins afin d'obtenir un compost de qualité la plus élevée possible. Il existe une interdépendance forte entre chaque équipement, de l'un dépend le bon fonctionnement de l'autre, chacun doit donc être réglé en prenant en considération l'ensemble de la chaîne de traitement mécano-biologique. Ces procédés sont très précis et exigent un suivi permanent de l'exploitation et de son fonctionnement.
Avec ces procédés environ 4 mois s'écoulent entre le moment où le déchet rentre dans l'installation et celui où il en sort, la capacité de stockage doit donc être suffisante. Une superficie importante doit donc être prévue pour la création du site.

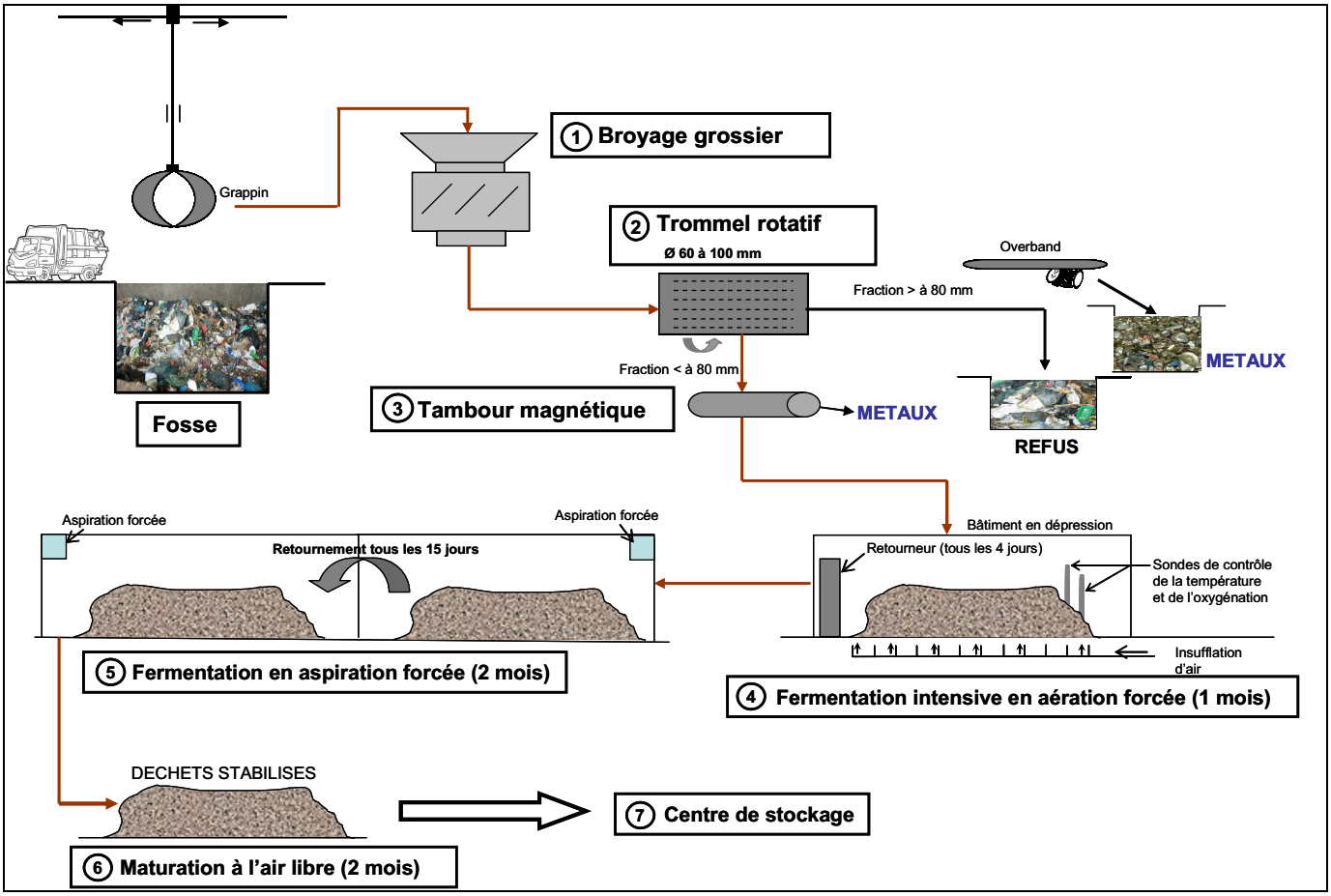
2.2. *Stabilisation*

La stabilisation peut se définir comme la décomposition de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles qui permet ainsi de diminuer la quantité de déchets mise en centre de stockage et les émissions de méthane.
Il existe à l'heure actuelle quatre installations de ce type en France, toutes mettent en œuvre une fermentation aérobie mais il est possible d'envisager une méthanisation (fermentation anaérobie) si la quantité de déchets à traiter et le potentiel méthanogène sont importants. Si le centre de stockage possède une superficie suffisante pour accueillir ce traitement, le choix de réunir les deux sur le même site est souvent privilégié pour limiter le transport des déchets.
Dans les autres pays européens, ce traitement est beaucoup plus développé car la réglementation impose des taux limites de matières organiques avant la mise en décharge.

En plus, de réduire la quantité de déchets mise en décharge, la stabilisation a également pour avantage environnemental de produire du gaz carbonique plutôt que du méthane après mise en décharge, le méthane possédant un potentiel de réchauffement global 21 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone sur une période de 100 ans[4].

Le procédé pour la stabilisation est moins complexe que ceux vus précédemment.

Schéma du traitement mécano-biologique pour stabilisation avant stockage



[4] : Valeur déterminée par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat).

① Après la réception des ordures ménagères résiduelles, la première étape consiste à réaliser un broyage grossier. Il permet de réduire les déchets en éléments fins afin de faciliter leur fermentation sans fragmenter totalement les éléments comme les films plastiques qui seront plus aisément récupérer ensuite.

② Un crible rotatif (60 à 100 mm) permet de retirer les composants les plus grossiers afin de ne pas gêner les brassages lors de la fermentation. S'ils possèdent un PCI élevé, ces éléments grossiers pourront faire l'objet d'une valorisation énergétique.

③ Un tambour magnétique retire ensuite les éléments ferreux qui pourront être recyclés.

④ Les déchets subissent ensuite une fermentation intensive avec aération forcée sur dalle pendant 4 semaines. Des brassages dynamiques sont effectués tous les 4 jours afin d'accélérer la réduction de la matière organique par rapport à une fermentation statique. Ils sont effectués par des retourneurs ou autres dispositifs mécaniques (vis…). L'aération forcée est assurée par un réseau de drains sous les déchets qui soufflent de l'air. Les brassages combinés à l'aération forcée permettent une fermentation homogène des ordures. Afin que les déchets ne s'assèchent pas et que leur fermentation ne ralentisse pas, il est possible de les humidifier.
Cette étape doit être réalisée sous un bâtiment étanche mis en dépression afin d'aspirer l'air soufflé à travers les déchets pour qu'il soit traité et ainsi éviter les mauvaises odeurs produites lors de cette fermentation intensive.

⑤ Les déchets sont soumis à une deuxième phase de fermentation moins intensive, elle se fait en casiers recouverts d'une toiture avec une aspiration forcée pour éviter la dispersion des mauvaises odeurs, pendant 6 à 8 semaines avec un retournement effectué tous les quinze jours.

Au niveau de ces deux étapes de fermentation, un biofiltre est indispensable pour traiter les gaz et répondre aux seuils réglementaires d'odeur sur site. Si les émanations olfactives sont réellement importantes et que des habitations sont proches, un lavage des gaz est également nécessaire.

⑥ Les ordures sont ensuite déposées en andains à l'air libre pour une maturation de 2 à 3 mois, la fraction organique des ordures ménagères résiduelles doit être stabilisée au maximum avant la mise en décharge. Avant ce dépôt, les déchets peuvent être criblés pour retirer les éléments grossiers qui sont susceptibles d'envols par la suite.

⑦ Au bout de ces 5 mois de fermentation, les déchets stabilisés peuvent être enfouis. Le centre d'enfouissement n'est pas modifié, les déchets stabilisés peuvent encore émettre du biogaz, il est donc identique à un site traditionnel. Aucun changement n'est à prévoir, les équipements de récupération des lixiviats et du biogaz sont semblables à ceux d'un site où les déchets ne sont pas stabilisés.

Il est possible d'ajouter un tri optique afin de récupérer les déchets plastiques, mais cela n'est pas toujours rentable au vu des faibles quantités récupérées. De plus, leur part sera encore amoindrie, si l'expérimentation de l'extension des consignes de tri des déchets plastiques est étendue à l'ensemble du territoire national.
De plus, l'objectif principal est de stabiliser la fraction fermentescible avant la mise en décharge, un procédé sophistiqué n'est donc pas nécessaire.

Avis du Cercle National du Recyclage :
La fermentation et la maturation sont des étapes essentielles du procédé, elles ne doivent pas être négligées, notamment leur durée doit être assez longue, les brassages et les retournements suffisants. Si la fraction fermentescible des ordures ménagères résiduelles n'a pas fermenté suffisamment et que le stabilisat n'a pas la maturité nécessaire, le TMB n'a plus d'intérêt par rapport à une mise en décharge directe des déchets.
Ce procédé permet de récupérer les ferrailles et la fraction à haut pouvoir calorifique, mais lors de la création d'une installation de stabilisation le but visé ne peut pas être la valorisation de ces matériaux car ils ne représentent qu'une faible part des déchets récupérés.
La diminution du poids et du volume est essentiellement due à l'assèchement et au compactage des ordures ménagères résiduelles. Pour les déchets non stabilisés, la compaction effectuée en centre de stockage et le tassement intervenant dans les premiers mois permettent un gain de vide utilisé pour un apport supplémentaire de déchets. Cette économie de volume sera très limitée avec des déchets stabilisés. La réduction de la quantité de déchets mise en décharge attendue grâce à la stabilisation est donc à relativiser.
La stabilisation permet de réduire la production de biogaz mais une partie pourra encore être dégagée en décharge, le dispositif de captage du biogaz doit rester identique à celui d'un centre de stockage traditionnel pour récupérer les fuites.
De plus, comme la production de lixiviats dépend de la surface d'exploitation, elle n'est pas forcément atténuée.
L'intérêt environnemental n'est visible qu'au niveau de la diminution de la contribution des gaz à effet de serre.
Sur ce type d'installation, le temps de fermentation est très long ce qui nécessite une surface du site importante et a pour conséquence d'augmenter le coût de traitement. Ce surcoût doit être compensé par la réduction des déchets mis en décharge pour que la stabilisation présente un intérêt.
Il est nécessaire de s'interroger sur la pertinence technique et économique à mettre en place ce type d'installation par rapport à un centre de stockage valorisant le biogaz qui permet également de réduire l'impact environnemental des gaz à effet de serre. Même si les directives et les règlements tendront à limiter la mise en décharge de la fraction fermentescible des ordures ménagères (directive n°1 999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets).

3. DEBOUCHES ET EXUTOIRES

Les matières valorisables et déchets issus des différents procédés de TMB vont suivre chacun leurs propres débouchés.

3.1. Valorisation matière

3.1.1. Compost

Le compost est un produit issu de la dégradation de la matière organique par fermentation et maturation aérobies. Le compost est un amendement organique qui permet d'améliorer la qualité des sols, ses critères de qualité et d'innocuité doivent donc être stricts.

Le compost d'ordures ménagères résiduelles est soumis à la norme NFU 44-051 sur les amendements organiques depuis le 1er mars 2009. Cette norme fixe différents critères, dont :

- des critères de composition en éléments fertilisants (azote, potassium, phosphore),
- des critères d'innocuité : valeurs limites en éléments traces métalliques (E.T.M) et en inertes et impuretés, critères micro-biologiques (valeurs limites en éléments pathogènes) et seuils limites en composés traces organiques (C.T.O).

L'annexe 2 présente les valeurs de ces critères.
Cette norme est actuellement en cours de révision. Elle pourrait notamment encadrer plus strictement la production de compost issu d'ordures ménagères résiduelles. Les modifications de la norme pourraient être l'ajout de nouveaux critères d'innocuité, la révision des seuils avec des exigences plus fortes en particulier pour les éléments traces métalliques. Les collectivités territoriales qui investissent dans une installation de TMB doivent dès à présent prendre en considération ces évolutions et s'assurer de pouvoir produire un compost conforme à la future qualité exigée.

Un projet de règlement européen est en cours d'élaboration et devrait voir le jour au plus tard en octobre 2012.
Ce règlement applicable en droit français sans délai de transposition précisera que :

- seuls les composts issus de collecte sélective de biodéchets et respectant certains critères de qualité pourraient bénéficier du statut de produit et pourraient être ainsi vendus en tant qu'amendement organique,
- les composts issus de TMB sur OMR garderaient leur statut de déchets, quelques soient les critères de qualité atteints et donc n'auraient comme exutoire que les plans d'épandage.

Cette position européenne remet en cause l'existence même du TMB.
Pour épandre une quantité importante de compost issu de TMB, les exploitants devront recourir à une procédure de demande d'autorisation. Le dossier devra comprendre une étude d'impact (dont l'étude préalable avec les analyses du sol et du compost), une étude de dangers et les capacités technique et financière. Après avoir été remis à la préfecture, il devra être soumis à une enquête publique et une enquête administrative. L'inspection des installations classées pour la protection de l'environnement établira un rapport au vu des résultats des deux enquêtes, et la commission départementale compétente en matière d'environnement, de risques sanitaires et techniques donnera son avis. L'arrêté préfectoral d'autorisation d'épandage sera alors ou non accordé. La procédure serait donc lourde et son coût important puisque le dossier nécessite de nombreuses analyses. De plus, le recours à l'épandage nécessitera sûrement un coût de cession et non plus de reprise.

L'utilisation du compost comme amendement organique doit permettre de maintenir la fertilité des sols. Un compost conforme améliore la structure des sols et apporte des nutriments stimulant le développement des plantes. Il permet également une meilleure rétention de l'eau dans les sols. L'emploi de compost contribue à lutter contre l'appauvrissement des sols. Les composts répondant à la norme sont donc majoritairement utilisés en agriculture, notamment en maraîchage et en grandes cultures. En fonction du nombre de tonnes vendues, le prix du compost d'OMR est en moyenne de :

- 2,5 €/tonne pour plus de 100 tonnes,
- 3,5 €/tonne pour plus de 10 tonnes,
- 15 €/tonne pour moins de 10 tonnes.

Le compost est aussi orienté dans de moindres proportions vers les espaces verts, la foresterie, l'aménagement paysager ou la réhabilitation de sites pollués. Quelque soit le débouché, il est indispensable qu'il soit recherché avant la création de l'installation, les spécificités locales déterminant leur existence et donc l'intérêt de la mise en œuvre d'un tel projet.

Le compost destiné à être épandu sur des terres agricoles doit répondre à la norme voire aller au-delà si les exigences des utilisateurs sont plus contraignantes. Dans un contexte où certains professionnels de l'industrie agro-alimentaire interdisent l'utilisation de compost d'ordures ménagères par principe de précaution, la question des débouchés doit impérativement être débattue en amont du projet avec la filière agricole. Le compost doit être en adéquation avec les besoins locaux, il est primordial de répondre aux exigences des agriculteurs qui peuvent imposer un cahier des charges plus contraignant que la norme actuelle.

Les secteurs concurrentiels doivent également être évoqués avant la mise en place d'un TMB. Par exemple, les amendements organiques tels que les lisiers et fumiers très présents dans une région d'élevage ou les composts de déchets verts bénéficient d'une meilleure image que celle du compost d'OMR et compromettent donc l'existence du TMB par la difficulté de trouver d'autres débouchés.

Il est également important de rappeler que le compost issu d'OMR n'est pas toujours bien perçu par le public, ce qui peut limiter les débouchés potentiels pour ce produit. Il conserve une mauvaise image due notamment aux problèmes rencontrés par le passé avec le broyage en tête du traitement et l'absence de collectes sélectives. Le compost contenait souvent beaucoup d'éléments indésirables et des concentrations en éléments polluants élevées, ce qui n'est plus le cas à l'heure actuelle s'il répond à la norme. Une communication avec les différents acteurs préalablement à la création de l'installation est essentielle afin de s'assurer de son acceptabilité. En effet, une fois l'installation en fonctionnement, traçabilité et transparence doivent être garanties.
Si le compost produit ne répond pas à la norme, il devra être éliminé en décharge avec les refus, ce qui remet en cause les équilibres économiques et donc l'existence de l'installation de TMB. De plus, le coût de gestion des déchets sera alors plus élevé puisqu'il comprendra le traitement par compostage plus le stockage. Le risque que le compost soit non-conforme n'est pas à négliger puisqu'aujourd'hui toutes les installations de TMB ne répondent pas à la norme NFU 44-051. Le surcoût lié à la non-conformité doit être évalué en amont de la réalisation de l'installation. Il faut rester vigilant aux potentielles évolutions réglementaires, rien ne certifie qu'un compost conforme à la norme aujourd'hui le sera encore demain.

A l'heure actuelle, la production d'un compost répondant à la norme est possible mais cela nécessite :
- de gros investissements dans des équipements de tris performants,
- et un développement important des collectes sélectives d'emballages, de verre et de déchets dangereux pour écarter les indésirables et les éléments polluants.
Mais ces deux points sont essentiels pour produire un compost de qualité et justifier de la pertinence d'une installation de TMB.

Dans un contexte où la réglementation se durcit de plus en plus, la révision de la norme ou la création d'une directive européenne sur les déchets organiques pourraient à l'avenir fixer des critères d'innocuité plus exigeants voire d'interdire l'utilisation de compost issu d'OMR sur des terres agricoles. Les collectivités locales qui se lancent dans la création d'une installation de TMB doivent dès à présent prendre en considération ces possibles évolutions réglementaires en se fixant des objectifs de qualité supérieurs à ceux de la norme actuelle, et réfléchir à la création de nouveaux débouchés. Par exemple, il est envisageable que les seuils pour les éléments traces métalliques soient abaissés pour réduire les écarts qu'il existe entre les différentes normes des Etats membres. Cette qualité de compost est atteignable puisqu'il existe aujourd'hui des installations qui répondent à un cahier des charges plus strict que la norme. Si l'usage de compost d'OMR en agriculture venait à être interdit, les débouchés potentiels deviendraient alors la sylviculture, le réaménagement de décharges ou de sites pollués ou l'aménagement paysager, mais il faudrait dans ce cas s'assurer de leur rentabilité.

3.1.2. Digestat

Le digestat d'ordures ménagères issu de la méthanisation n'est pas encadré par une norme. En principe, il doit faire l'objet d'une homologation et répondre aux conditions fixées par l'arrêté du 21 décembre 1998 modifié relatif à l'homologation des matières fertilisantes et supports de culture. La demande et le dossier d'homologation seront soumis pour avis au comité et à l'AFSSA[5], puis le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche donne sa décision.

[5] AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

Cependant dans la pratique, il est composté pour répondre à la norme NFU 44-051. Le compostage du digestat demeure délicat. Ce dernier restant pâteux et humide, il nécessite une déshydratation importante pour permettre sa fermentation aérobie, puis son affinage afin qu'il réponde aux critères imposés par la norme.

3.1.3. Matériaux recyclables : métaux ferreux, plastiques

Les différents procédés permettent d'isoler et de récupérer efficacement les éléments ferreux. Ces ferrailles sont ensuite dirigées vers des filières de recyclage. L'extraction des métaux ferreux est relativement simple et permet de diminuer le coût de traitement des déchets avec les recettes de vente pour le recyclage.

Avec les techniques actuelles notamment de tri optique, il serait possible d'ajouter des équipements pour isoler les emballages plastiques notamment sur les refus de criblage afin de les valoriser. Des opérations tests ont d'ailleurs été réalisées sur certaines installations de stabilisation pour recycler les plastiques PET et PEhd. Mais ces équipements représentent un investissement important pour ne récupérer qu'une faible quantité du gisement, entre 1 et 2 % des déchets entrants.
La qualité de pureté des déchets plastiques doit être de 90 à 95 % (contre 98 % pour les déchets plastiques issus de la collecte sélective), leur régénération peut être donc plus coûteuse.
Les applications pour ces déchets plastiques sont :

- pour le PEhd, le procédé d'injection qui permet de donner aux plastiques la forme du moule dans lequel ils sont injectés afin de créer des palettes, des boîtes ou des pots ;
- pour le PET, il est essentiellement utilisé pour la production de fibre textile.

Il est regrettable que ces déchets plastiques constitués essentiellement d'emballages ne fassent pas l'objet d'un soutien d'Eco-Emballages. Cette opportunité était pourtant prévue dans le cahier des charges dans le cadre du standard expérimental, mais rien n'a été envisagé dans le contrat fermant ainsi la porte aux aides potentielles permettant le développement du recyclage.
La valorisation matière des plastiques paraît donc complexe, ils sont dans la majorité des cas dirigés soit vers le refus soit vers la valorisation énergétique.

Le recyclage des matériaux est une conséquence des procédés de TMB mais ne justifie pas la création de ce type d'installation, les quantités récupérées étant faibles et risquent d'être encore moindre avec la possible extension des consignes de tri des déchets plastiques.

3.2. Valorisation énergétique

3.2.1. Biogaz

Le biogaz est un gaz produit par la dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène lors de la méthanisation. Le biogaz issu d'OMR est composé essentiellement de méthane (CH_4) (50 à 70%) et de dioxyde de carbone (CO_2), et dans des quantités variables d'eau, de diazote (N_2) et de sulfure d'hydrogène (H_2S). Le méthane possède un fort potentiel calorifique et énergétique, une fois capté il pourra donc être valorisé. Le méthane étant un gaz à effet de serre plus fortement nuisible que le gaz carbonique (potentiel de réchauffement global 21 fois supérieur sur une période de 100 ans[6]), son captage permet de limiter les émissions polluantes. Son utilisation comme énergie renouvelable permet de le substituer aux énergies fossiles.

[6] : Valeur déterminée par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat).

La performance d'une installation de TMB avec méthanisation dépend de la production de biogaz, et donc du pouvoir méthanogène des déchets entrants. Pour une installation de TMB, on estime qu'une tonne de déchets entrante au niveau du digesteur permet de produire 100 à 150 Nm^3 de biogaz. Ce potentiel paraît faible, les graisses de friture pouvant produire jusqu'à 950 Nm^3 de biogaz par tonne entrante dans le digesteur. Les déchets de cuisine ou les tontes de gazon vont augmenter ce pouvoir méthanogène, tandis que les déchets verts ligneux l'abaissent fortement.

Le biogaz va être épuré avant d'être valorisé de manière plus ou moins poussée en fonction de son utilisation future. Il existe cinq modes de valorisation possibles à l'heure actuelle :

- La production de chaleur :
  L'énergie thermique peut être utilisée sur le site pour sécher le digestat, chauffer les locaux, ou à l'extérieur pour le procédé d'autres installations nécessitant de la chaleur. Cette valorisation est intéressante si les débouchés sont à proximité car les tuyaux pour transporter la chaleur sont coûteux et les pertes calorifiques proportionnelles à la distance.
- La production d'électricité :
  Le biogaz peut également servir à produire de l'électricité grâce à un moteur ou une turbine. L'efficacité énergétique est limitée par le rendement énergétique des moteurs compris entre 30 et 35 %. L'électricité produite est exportée vers le réseau public. Cette production d'électricité est estimée en moyenne entre 100 et 125 kWh par tonne de déchets méthanisés.
  Les conditions d'achat de l'électricité produite à partir des installations qui valorisent le biogaz sont réglementées par l'arrêté du 19 mai 2011. Aujourd'hui, le tarif de base de vente de l'électricité à EDF varie entre 11,19 et 13,37 c€/kWh en fonction de la puissance maximale de l'installation. A ce tarif peut s'ajouter une prime à l'efficacité énergétique et une prime pour le traitement d'effluents d'élevage. L'annexe 3 présente le détail de cette tarification en vigueur.
- La cogénération :
  Elle correspond à la production combinée d'électricité et de chaleur. La production d'électricité libère la vapeur récupérée pour produire de la chaleur. L'intérêt de la cogénération est de valoriser le surplus d'énergie. La prime à l'efficacité énergétique s'ajoute alors au tarif d'achat de l'électricité pour les installations qui utilisent cette technique de valorisation du biogaz.
- La production de carburant :
  Le biogaz doit être épuré afin d'obtenir les mêmes caractéristiques que le gaz naturel pour les véhicules, puis compressé pour son stockage. Ce carburant pourra servir à une flotte captive de véhicules comme des bus ou des bennes. En France, seul le Centre de Valorisation Organique (CVO) de Lille Métropole produit 4 millions de m^3 de biogaz-carburant à partir de déchets organiques collectés sélectivement, mais Lille Métropole a dû faire face à des difficultés très particulières notamment à un problème d'autorisation pour une canalisation passant dans le domaine public pour l'alimentation des véhicules. La communauté urbaine a reçu l'autorisation d'exploitation de cette canalisation en septembre 2010. Les bus peuvent donc désormais fonctionner avec ce carburant.
- L'injection du biogaz dans le réseau de gaz naturel :
  Cette valorisation nécessite que le biogaz soit conforme aux prescriptions techniques du gaz naturel. L'AFSSET[7] a donné un avis favorable pour ce type d'utilisation considérant que l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel ne présente pas de risques sanitaire et environnemental supplémentaires en comparaison au gaz naturel (voir Annexe 5). L'injection directe du biogaz dans le réseau devrait donc être autorisée après la parution des textes réglementaires courant de l'été 2011. Un communiqué de presse des différents ministères en charge de cette question datant

[7] AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

du 24 février 2011 prévoit que le biogaz injecté directement dans le réseau bénéficie d'un tarif de rachat maximal de 10,3 c€/kWh (voir Annexe 4).

Toute installation doit disposer en plus d'une torchère pour éliminer le biogaz lors de la révision des équipements ou en cas de panne. Le brûlage en torchère est obligatoire pour réduire les émissions de gaz à effet de serre sous forme de méthane. Mais même si ce mode d'élimination permet de transformer le méthane en gaz carbonique moins contributeur pour l'effet de serre, son impact environnemental est non négligeable. Le brûlage par torchère ne doit en aucun cas se substituer à la valorisation du biogaz qui est l'objectif de la méthanisation. Le dimensionnement de l'installation doit donc être adapté à la production de biogaz afin qu'elle soit en équilibre avec la demande pour ne pas à avoir à brûler en torchère l'excédent.

Le rendement énergétique est variable en fonction des installations. Il est dans tous les cas limité pour la valorisation thermique et électrique par la part fixe de consommation des installations. La valorisation du biogaz permet surtout une économie de fonctionnement. En effet, la consommation de l'installation représente entre 70 et 88 % de la production d'électricité à partir du biogaz, le gain d'électricité n'est donc compris qu'entre 12 et 30 %.
Il est économiquement plus avantageux de revendre la totalité de l'électricité produite grâce à la méthanisation, le tarif de vente de l'électricité produite à partir du biogaz étant supérieur au tarif d'achat de l'électricité consommée.
L'autoconsommation énergétique de l'installation met en avant le problème du dimensionnement puisque quelque soit la quantité de déchets entrants et la production de biogaz, elle reste quasiment fixe. Dans le cas d'un surdimensionnement de l'installation, la valorisation du biogaz sera faible par rapport à ce que représente le poste de consommation énergétique, est donc le gain sera moindre. En amont du projet, il est donc indispensable d'étudier le gisement qu'il est possible de capter et d'envoyer vers l'installation afin d'adapter le dimensionnement. Cette étude qualitative et quantitative doit également permettre de connaître la nature des déchets à méthaniser et leur variation saisonnière.

Comme pour tout produit, il est impératif de réfléchir en amont aux débouchés possibles pour le biogaz. En effet, le choix du mode de valorisation du biogaz se fera en fonction du contexte local et des débouchés potentiels. L'implantation du site pourra également dépendre de la présence à proximité d'installations utilisatrices de la chaleur produite à partir de biogaz. Il faut également prendre en considération la variation des besoins sur l'année. Par exemple, des bâtiments n'ont pas besoin d'être chauffés l'été, il est donc nécessaire d'être couplé sur un réseau conservant un besoin de chaleur toute l'année ou de privilégier un autre mode de valorisation du biogaz. Le processus de cogénération permet une production de chaleur et d'électricité adapté aux variations des besoins sur une année et ainsi de rentabiliser au mieux la production de biogaz. La création d'une installation de méthanisation doit se faire en concertation avec les futurs utilisateurs de cette énergie afin de s'assurer de la corrélation entre la production de chaleur/d'électricité et leurs besoins et de vérifier la pérennité de ces débouchés.

3.2.2. Combustibles Solides de Récupération (CSR)

En France, la filière des CSR reste encore marginale mais plusieurs projets d'installations de TMB prévoient de les récupérer.
Source d'énergie, les CSR sont des combustibles préparés à partir de déchets non dangereux et sont destinés à être valorisés énergétiquement dans des installations d'incinération ou de co-incinération. Ils comprennent essentiellement les plastiques et autres matières carbonées (papier, carton, bois) récupérés dans les refus du TMB. Ils constituent la fraction à haut PCI ce qui permet de les valoriser en cimenteries ou dans des incinérateurs spécifiques et ainsi de réaliser des économies d'énergies fossiles.

Les CSR possèdent un statut de déchet, leur valorisation doit donc respecter le cadre réglementaire applicable aux déchets. Un manque de cohérence apparaît entre les CSR préparés et les prescriptions techniques et physico-chimiques exigées par les industriels, cette absence de clarté sur la définition des CSR freine le développement de leur valorisation. Cependant la norme européenne en cours d'élaboration pour les CSR permettrait de structurer la filière.

La récupération des CSR permettrait de valoriser entre 25 et 35 % des refus issus des installations de TMB. Si ce débouché semble présenter des avantages, il est soumis aux exigences des repreneurs qui imposent leurs prix et les conditions de reprise et peut correspondre à un coût de cession et non de recette car les CSR nécessitent une préparation adaptée (broyage, tri, ...). Selon l'ADEME, ce coût de préparation des CSR varie entre 40 et 70 €/tonne. L'intérêt économique de valoriser les CSR plutôt que de les envoyer en centre de stockage est donc faible.

Les CSR issus des TMB présentent un taux de chlore généralement supérieur à celui exigé par les cimentiers et le taux d'humidité élevé nécessite de les sécher. Ce taux de chlore élevé est incompatible avec une valorisation en cimenterie qui ne dispose pas des équipements nécessaires pour traiter les rejets gazeux issus de ce type de déchets.

Avant d'opter pour ce débouché, il faut mettre en place son encadrement en concertation avec les futurs repreneurs et s'adapter à leurs prescriptions techniques pour le combustible. La valorisation des CSR apparaît d'autant plus difficile qu'elle nécessite un traitement des fumées pour les polluants contenus dans ces combustibles.

Le choix de développer ce débouché doit se faire au cas par cas, en fonction des possibilités de valorisation qui existent localement, des équipements de traitement des rejets et de la rentabilité économique du projet. Cette valorisation de la fraction à haut pouvoir calorifique des refus n'est qu'optionnelle pour une installation de TMB.

Ce débouché semble fragile, les CSR issus de TMB ne répondant pas toujours à l'ensemble des critères des repreneurs (teneur en chlore, taux d'humidité, régularité de la composition et du PCI, homogénéité du gisement…).

3.2.3. Incinération avec valorisation énergétique

Les refus de tri peuvent être valorisés sous forme d'énergie par incinération ou co-incinération. Ces refus sont un mélange de matières organiques résiduelles, de plastiques, de carton, de bois…Cette valorisation peut permettre à une unité d'incinération des ordures ménagères d'augmenter son rendement, cependant elle peut nécessiter une adaptation des fours car ces refus peuvent posséder un pouvoir calorifique plus élevé que celui des ordures ménagères en mélange.

Une installation de TMB doit s'intégrer à l'ensemble de la chaîne de gestion des déchets et donc aux exutoires finaux. Le TMB va réduire les déchets mis en incinération ce qui va perturber les équilibres de la filière de gestion déjà mis en place. De plus, le transfert des déchets de l'installation de TMB à l'incinérateur doit être anticipé en limitant au maximum la distance de transport des refus. L'analyse économique, préalable à la mise en place du TMB, doit prendre en compte le coût de traitement en incinération des refus.

Une unité de TMB génère des refus qui doivent être éliminés en incinération ou en centre de stockage, elle ne peut donc pas être conçue par défaut pour remplacer la création d'une unité d'incinération qui aurait été rejetée par la population. Le TMB est complémentaire à l'incinération, mais ne le remplace en aucun cas.

3.3. Stockage

En fonction du process, les refus ou les stabilisats sont envoyés en centre de stockage. Même si la fermentation a permis de décomposer la majeure partie de la matière organique, l'installation de stockage doit comprendre les mêmes équipements qu'un centre de stockage classique notamment pour capter le biogaz qui se formera à partir des éléments organiques restants.

Le TMB permet de limiter la quantité de déchets mise en décharge. Lorsqu'il est associé au compostage ou à la méthanisation, la valorisation des différentes fractions (compost, métaux…) réduit d'environ 40 à 55 % le tonnage des ordures ménagères résiduelles. Lorsqu'il y a stabilisation la perte de poids varie de 20 à 30 %, elle est essentiellement due à l'évaporation de l'eau.
Lors de la mise en décharge, les déchets non stabilisés sont compactés puis dans les premiers mois des tassements se produisent, ce qui permet un gain de volume. Or avec des déchets stabilisés ces effets sont moindres. La baisse de volume pour le compostage est donc à relativiser. La diminution des phénomènes de tassements présente l'avantage de limiter les risques d'endommagement des installations.

D'après un rapport d'étude de l'INERIS paru en 2010 intitulé « Emissions gazeuses et liquides émises par des installations de stockage de déchets traités par compostage » :

- Les émissions de gaz à effet de serre d'OM brutes en centre d'enfouissement sont beaucoup plus importantes que celles de refus issus du TMB en vue du compostage ou que celles des déchets issus du TMB en vue de la stabilisation ;
- Les émissions de gaz à effet de serre en centre d'enfouissement de déchets de TMB en vue de la stabilisation sont dix fois plus importantes que celles produites par les refus de TMB en vue du compostage ;
- Les centres d'enfouissement d'OM brutes produisent deux fois plus de méthane que les centres d'enfouissement de refus de TMB en vue du compostage, ceux-ci ne contenant quasiment plus de matière organique.

Cependant afin d'être le plus complet possible dans l'évaluation des gaz à effet de serre, il est nécessaire de connaître les émissions gazeuses au niveau de la totalité de la chaîne de traitement, notamment au niveau de l'installation de TMB, mais aussi au niveau du compostage qui suit la phase de TMB.

Selon la même étude concernant les lixiviats :

- Quelque soit le type de déchets entrants issus de TMB ou non, le volume de lixiviats reste identique, ce paramètre étant lié à la surface de casier ouverte ;
- La teneur en sels (dont les chlorures et l'ammonium) des lixiviats d'OM brutes est identique à celle des lixiviats de refus de TMB en vue du compostage ;
- Par contre, le taux de matières biodégradables des lixiviats d'un centre d'enfouissement avec des refus de TMB en vue du compostage est fortement réduit par rapport aux lixiviats d'OM brutes.

Le traitement des lixiviats reste donc obligatoire.

Une installation de TMB diminue la quantité de déchets mise en décharge, elle peut donc créer un déséquilibre de la filière de stockage lors de sa création. La localisation du centre de stockage doit également être prise en compte pour limiter le transport des déchets. Dans le cas où cela est possible, l'idéal est de regrouper les deux installations, TMB et centre de stockage, sur le même site.
Si une installation de TMB semble plus facilement acceptée par la population, elle ne résoudra pas le rejet de création d'un centre de stockage, puisque les refus devront toujours trouver un exutoire.

L'intérêt des TMB sur le plan économique dépend de l'optimisation des débouchés. La recherche de ces débouchés doit précéder la création d'une installation de TMB. Le choix doit se faire en prenant en compte la présence de marchés pour les matières et d'exutoires finaux pour les déchets. Ce projet doit donc être en adéquation avec des besoins locaux.

V. COUTS

L'évaluation des coûts demeure très difficile dans la mesure où il n'existe pas de données générales sur les montants mis en jeu par les TMB en France et que les installations existantes à l'heure actuelle sont très différentes les unes des autres. Les éléments fournis par la suite permettent néanmoins de connaître la fourchette représentative.

1. COUTS LIES A UNE INSTALLATION DE TMB EN VUE DU COMPOSTAGE

Au regard des installations existantes et des quelques études faites sur le sujet, le coût d'investissement d'une unité de TMB avec compostage est compris :

- entre 500 et 690 € HT/tonne traitée si sa capacité est inférieure à 100 000 tonnes,
- entre 400 et 600 € HT/tonne traitée si sa capacité est supérieure à 100 000 tonnes.

Ce coût se répartit de la façon suivante : 40 % de génie civil et 60 % pour le process. La variabilité de ce coût dépend du niveau technique des équipements et du choix du procédé employé.
Le coût de fonctionnement de l'installation varie entre 80 et 130 € HT/tonne (hors collecte), avec une moyenne proche de 90 € HT/tonne, il inclut les exutoires finaux et les amortissements. Les écarts sont donc très importants, ils sont dus au fait que chaque usine possède une capacité spécifique, utilise des technologies particulières et présente des caractéristiques locales qui lui sont propres. De plus, en général ce coût dépend de l'âge de l'unité, plus l'installation est récente plus il est élevé. En fonction de l'implantation du site, les contraintes environnementales peuvent également augmenter ce coût. Cependant le coût de fonctionnement semble dans la majorité des cas plus faible que celui d'une usine d'incinération. De plus, avec la mise en place de la TGAP pour l'incinération et le stockage, le différentiel de coût avec le TMB risque d'être un peu plus important, bien qu'il sera pondéré par l'augmentation du coût de gestion des refus qui suivront ces exutoires.
Sur le plan économique, pour atteindre l'équilibre financier il est indispensable que le compost trouve des débouchés et donc soit conforme à la norme. Le TMB ne présentera aucun intérêt économique si un compost non-conforme est produit, car il devra être éliminé en centre de stockage ce qui constituera des coûts supplémentaires.

Une analyse technico-économique réalisée par l'ADEME en 2008 sur les opérations de gestion biologique des déchets montre que le coût complet du TMB, en cumulant la collecte et le traitement des OMR et des déchets verts (déchèteries), est compris entre 130 € HT/tonne et 170 € HT/tonne. Tandis que le coût complet de collecte et de traitement des déchets fermentescibles collectés sélectivement, des OMR et des déchets verts varie entre 120 et 220 € HT/tonne avec une moyenne aux alentours de 160 € HT/tonne.
Sur les deux collectivités possédant une installation de TMB étudiées dans cette analyse, l'une affiche le coût complet de la gestion globale des déchets le plus faible avec 125 € HT/tonne, tandis que l'autre présente un coût complet équivalent à celui de la collecte sélective, environ 190 € HT/tonne.
Si l'installation de TMB est bien intégrée à l'ensemble de la chaîne de gestion des déchets, si elle fonctionne de manière optimisée et si le compost répond à la norme NFU 44-051, le TMB présente des coûts équivalents voire inférieurs à ceux de la collecte sélective. Cependant seules deux installations de TMB sont présentées dans cette étude, ces données restent donc des observations particulières et il n'est pas possible d'établir de règle générale.

2. COUTS LIES A UNE INSTALLATION DE TMB EN VUE DE LA METHANISATION

La difficulté pour l'analyse de ces coûts est l'absence de données pour des installations récentes.
Une unité de TMB avec méthanisation nécessite un coût supérieur d'investissement et de fonctionnement par rapport à une installation de compostage. Le coût d'investissement est compris :

- entre 530 et 630 € HT/tonne traitée pour une unité de capacité inférieure à 100 000 tonnes,
- entre 500 et 660 € HT/tonne traitée pour une unité de capacité supérieure à 100 000 tonnes.

Le génie civil représente une part plus importante pour ce type d'installation que pour celles de compostage, environ la moitié du coût d'investissement.
Le coût de fonctionnement, qui ne comprend pas la collecte mais inclut la gestion des refus et les amortissements, est évalué entre 110 et 160 € HT/tonne, mais d'après les observations, ce coût se rapproche plus de 200 € HT/tonne. L'utilisation de techniques spécifiques à chaque installation et la difficile représentativité des données, due au faible nombre d'usines de méthanisation en France, expliquent ces différences.
Le but de la méthanisation est de produire du biogaz afin de le valoriser, la totalité du biogaz produit doit donc être dirigée vers les filières de valorisation choisies.
En dehors des phases de maintenance, le biogaz ne doit en aucun cas être brûlé en torchère car cela représente une perte de recette importante, en plus d'être néfaste pour l'environnement, d'où la nécessité de disposer d'une capacité de stockage suffisante pour répondre aux fluctuations de la production.
Dans tous les cas, les coûts d'investissement et de fonctionnement pour la méthanisation sont relativement élevés. Pour qu'ils restent supportables, il semble plus intéressant d'envisager ce type de traitement dans de grandes agglomérations pouvant créer des unités d'une capacité d'au moins 80 000 tonnes.

3. COUTS LIES A UNE INSTALLATION DE TMB EN VUE DE LA STABILISATION

Le coût d'investissement pour une unité de traitement mécano-biologique en vue de la stabilisation est estimé entre 150 et 300 € HT/tonne. Cet écart est dû aux très grandes différences de complexité des technologies employées.
Le coût de fonctionnement d'une installation de stabilisation est évalué entre 70 et 80 € HT/tonne, hors collecte. L'exutoire des déchets étant le centre de stockage, il n'est pas utile d'investir plus que nécessaire en complexifiant le procédé.
La différence de coût par rapport à une simple mise en décharge est de 10 à 15 € HT/tonne, elle se justifie par l'intérêt environnemental que représente ce procédé en diminuant l'émission des gaz à effet de serre.

4. AIDES

4.1. Subventions

Il est possible d'obtenir des subventions pour l'investissement mais elles restent assez modestes. A l'heure actuelle, les organismes qui subventionnent les projets de traitement mécano-biologique en vue du compostage et de la méthanisation sont les Conseils généraux, les Conseils régionaux et le FEDER[8]. L'ensemble de ces subventions sont peu élevées, la part accordée par chaque organisme est évidemment fonction du contexte local et du projet présenté.
Aujourd'hui, l'ADEME n'accorde aucune subvention au compostage ou à la méthanisation de la fraction fermentescibles des OMR issus de TMB car elle privilégie la collecte sélective des déchets fermentescibles.

[8] FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

4.2. Soutiens

Avec le nouveau barème E d'Eco-Emballages, il est possible d'obtenir des soutiens pour les papiers-cartons et les métaux.

Pour la valorisation organique, le soutien aux déchets de papiers-cartons est de 80 € par tonne d'emballages ménagers résiduels de papiers-cartons complexés (ELA) et non complexés entrante dans l'unité de compostage et/ou de méthanisation.
Ce soutien n'est accordé que si la collectivité collecte et trie prioritairement les papiers-cartons en vue du recyclage. L'installation doit également répondre à la réglementation en vigueur et produire un compost conforme à la norme 44-051.
Pour la valorisation du biogaz issu de la méthanisation, il existe une bonification au soutien unitaire de :

- 5 € par tonne d'emballages ménagers résiduels de papiers-cartons pour la valorisation électrique,
- 15 € par tonne d'emballages ménagers résiduels de papiers-cartons pour les autres modes de valorisation (dont la cogénération).

Pour obtenir cette bonification, l'usine doit atteindre des seuils minimaux de puissance :

- pour la valorisation électrique, le rendement moyen doit être supérieur à 100 kW/h/tonne entrante,
- pour la cogénération, le rendement moyen doit être de 200 kW/h/tonne entrante.

Pour les autres modes de valorisation du biogaz (injection réseau ou carburant), le président de la collectivité doit attester de l'utilisation effective du biogaz.

Le soutien pour les métaux récupérés sur les unités de compostage, de méthanisation et de tri mécano-biologique est de 62 €/tonne pour l'acier et de 278 €/tonne pour l'aluminium. Les métaux extraits de TMB ou de méthanisation doivent être de qualité assimilable à des métaux issus d'une unité de compostage. Afin d'atteindre les prescriptions techniques minimales fixées par Eco-Emballages, certaines installations doivent effectuer un surtri des métaux qui sont pollués par les plastiques.

Le cahier des charges d'Eco-Emballages précise la possibilité de mettre en place des standards expérimentaux relatifs à l'extraction des déchets d'emballages ménagers en plastique rigide dans des unités de TMB, des soutiens devraient donc être apportés au cas par cas dans le cadre de suivi de pilotes. Cependant rien n'est prévu dans le contrat…

VI. PRECONISATIONS DU CERCLE NATIONAL DU RECYCLAGE

A travers ce dossier, différentes difficultés apparaissent pour la création et le développement des installations de TMB.
A ce jour, peu d'installations existantes produisent un compost conforme à la norme NFU 44-051, mais celles qui y sont parvenues ont mis l'accent sur les techniques permettant d'assurer la qualité du compost.
Le contexte réglementaire actuel va vers un durcissement des exigences et pourrait limiter l'utilisation de compost issu d'OMR, notamment en l'interdisant en agriculture ce qui poserait un problème par rapport aux débouchés.
La révision de la norme actuelle pourrait imposer de nouveaux critères et fixer des seuils plus contraignants, or rien n'assure qu'un compost répondant à la norme aujourd'hui y répondra encore avec ces nouvelles obligations.
La dynamique européenne et nationale est en faveur du développement du compostage de déchets organiques collectés sélectivement. Un projet de règlement européen devrait voir le jour en octobre 2012, il précisera que seuls les composts issus de la collecte sélective de biodéchets et respectant les critères de qualité bénéficieront du statut de produit. Les composts issus du TMB conserveront leur statut de déchets et devront alors suivre un plan d'épandage, ce qui remet en cause l'existence même des unités de TMB.
De plus, rien n'assure à l'heure actuelle la viabilité économique de ce type de gestion des déchets organiques.
De même, pour les installations de stabilisation des OMR, les intérêts environnementaux et économiques semblent limités.

Au vue de ces différentes observations et tant que la problématique de la sortie du statut de déchet des composts sur OMR n'est pas résolue au niveau européen, le **Cercle National du Recyclage** recommande d'être extrêmement prudent et vigilant lors du choix de créer une installation de TMB.
Le **Cercle National du Recyclage** invite les collectivités locales à privilégier la collecte sélective des biodéchets pour les milieux où cela est économiquement et techniquement faisable.

Cependant si une collectivité locale fait le choix de créer une installation de TMB, le **Cercle National du Recyclage** conseille de suivre les éléments suivants.

- <u>Réflexion amont</u>

Comme pour tout projet, la création d'une unité de TMB nécessite une importante réflexion en amont. L'installation doit s'intégrer à l'ensemble de la filière de gestion des déchets et ne doit pas être examiné sans la dissocier des autres modes de traitement. Il est indispensable de réaliser au préalable une étude qualitative et quantitative des déchets présents sur le territoire concerné afin de connaître le gisement, de vérifier la compatibilité du TMB avec la gestion des autres déchets et de relever les particularités locales. Il faut dans tous les cas confronter les différents modes possibles de valorisation des déchets organiques et notamment de la fraction fermentescible des OMR afin d'opter pour la solution la plus adaptée au niveau local. Il faut également s'assurer que le choix du TMB constitue une réponse appropriée à la réglementation en vigueur et aux objectifs de la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, notamment de réduire la quantité de déchets destinée à l'incinération ou au stockage et d'augmenter la valorisation organique.

Si une collectivité locale souhaite mettre en place un TMB, elle ne doit pas oublier que l'objectif est d'extraire la fraction fermentescible afin de produire du compost et/ou du biogaz ou de la réduire pour stabiliser les déchets avant mise en décharge. L'ensemble du procédé doit donc répondre à cet objectif. L'ajout d'équipement pour permettre le recyclage des matériaux (métaux, plastiques) n'est que complémentaire.

- Eléments indispensables au préalable

Le TMB avec compostage ou méthanisation impose une collecte sélective des déchets d'emballages et du verre performante, car ce sont des éléments indésirables pour produire un compost répondant à la norme. De même, il est important de développer un réseau de déchèteries ou un système de collecte de proximité afin de récupérer les déchets ménagers spéciaux de façon à ce que les différents éléments polluants les constituant ne contaminent pas le compost. Une installation de TMB ne peut pas être créée si ces collectes ne sont pas mises en place. Si ces déchets indésirables ne sont pas écartés en amont, il y a un risque majeur de produire un compost non-conforme. Pour s'assurer que ces règles de tri sont bien assimilées par la population, une vaste campagne de communication doit être réalisée pour les rappeler et expliquer l'intérêt du respect des consignes vis-à-vis du TMB.

- Conseils techniques

Au niveau technique, une réflexion globale doit être faite en amont sur le procédé et les équipements utilisés, ils doivent permettre d'extraire le plus finement possible la fraction fermentescible des OMR.
Le broyage en tête du procédé est à proscrire pour les TMB associés au compostage ou à la méthanisation car il disperse les polluants dans l'ensemble des OMR et ne permet pas d'obtenir un compost conforme à la norme.
Pour le compostage et la méthanisation, l'utilisation d'un tube de pré-fermentation en amont du procédé est à l'heure actuelle la meilleure technique pour préparer les OMR. La réduction des éléments fermentescibles doit être suffisante pour observer une différence granulométrique entre les éléments inertes et ceux fermentescibles. Le dimensionnement doit donc être adapté à un temps de séjour suffisant.
Les équipements d'affinage jouent également un rôle important en extrayant les éléments indésirables. Le criblage doit donc être fin, les équipements de séparation posséder des dimensions adaptées. Pour assurer l'efficacité du double transporteur sélectionneur, le débit, l'inclinaison et la hauteur de chute doivent être réglés de manière précise.
Pour permettre le bon fonctionnement du procédé, les équipements doivent être dimensionnés de façon optimisée, le réglage des appareils adapté et l'entretien régulier.
Les temps de fermentation et de maturation sont pour l'ensemble des procédés relativement longs, mais ils ne doivent pas être négligés de manière à garantir la valeur agronomique et l'innocuité du compost. La durée de stockage du compost ou des déchets stabilisés étant importante, le site doit disposer d'une surface au sol conséquente. Ce paramètre doit être pris en considération avant la création de l'installation.
D'autres gisements de déchets organiques peuvent être trouvés pour améliorer le rendement des installations, mais cela doit rester dans la limite des compétences des collectivités locales.

- Vérification des débouchés et exutoires

Avant la mise en place d'une unité de TMB, il est indispensable de s'assurer de l'existence et de la pérennité des débouchés aussi bien pour les fractions valorisées que pour les refus. Pour cela il est primordial d'organiser une concertation avec les repreneurs potentiels.
Pour le compost, il faut au minimum pouvoir répondre aux exigences de la norme NFU 44-051 voire plus si les acheteurs requièrent des critères plus stricts. Une discussion avec l'ensemble des acteurs doit permettre en amont de connaître leurs attentes et vérifier que le compost sera bien repris sur le long terme. Il faut également se préparer aux évolutions réglementaires notamment à devoir répondre à des critères plus exigeants avec la révision ou encore à trouver d'autres débouchés si une interdiction d'épandre le compost issu du TMB d'OMR est prise.
Pour le biogaz, le choix du débouché doit se faire en fonction du contexte local, il est indispensable d'évaluer au mieux la production de biogaz afin qu'elle soit en adéquation avec les besoins. Il n'est pas admissible que le biogaz soit brûlé en torchère en dehors des phases de maintenance, l'ensemble des équipements doit donc être correctement dimensionné pour faire face aux variations de production de biogaz.

La collectivité doit prendre en compte la présence des exutoires finaux car le TMB génère des refus qu'il faut éliminer en incinération et/ou en centre de stockage. Une installation de TMB ne peut donc pas être conçue pour palier au refus de la population de créer un incinérateur ou un centre d'enfouissement, car elle ne remplace pas mais est complémentaire de ces exutoires.

- Viabilité économique

Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont relativement élevés pour le compostage et encore plus pour la méthanisation. Il faut donc s'assurer de la viabilité économique du projet. Il semble préférable que le coût de gestion globale ne dépasse pas 200 € HT/tonne.

Afin de maîtriser l'ensemble de la chaîne de traitement des OMR, il est important de mettre en place un montage contractuel entre collectivité, syndicat, constructeur, exploitant et repreneur de manière à déterminer les objectifs et responsabilités de chacun des acteurs. Une bonne connaissance des aspects techniques, juridiques et une bonne maîtrise de l'exploitation est indispensable pour que l'installation de TMB fonctionne correctement.

ANNEXES

ANNEXE 1: Bilan des catégories de déchets du flux d'OMR pouvant faire l'objet d'une valorisation organique 46

ANNEXE 2 : Critères de la norme NFU 44-051 47

ANNEXE 3 : Annexe de l'arrêté du 19 mai 2011 49

ANNEXE 4 : Tarifs de rachat soumis à consultation pour l'injection de biogaz dans les réseaux 52

ANNEXE 5 : Risques sanitaires du biogaz - Extrait de l'Avis de l'Afsset 53

ANNEXE 1

Bilan des catégories de déchets du flux d'OMR pouvant faire l'objet d'une valorisation organique
(en kg/hab/an) (Données 2007 - Source ADEME MODECOM)

Catégories	Sous-catégories	OMR des ménages	OMR des activités économiques	Total OMR	% du gisement d'OMR	% du gisement d'OMR
Putrescibles	Déchets alimentaires (restes de cuisine)	53,2	18,9	72,1	22,8	**29,7**
	Déchets de jardin	13,1	1,8	14,9	4,7	
	Produits alimentaires non consommés (sous emballage)			6,9	2,2	
Papiers	Emballages papiers	2,9	0,9	3,8	1,2	**10,3**
	Journaux, magazines, revues	8	1,4	9,4	3,0	
	Imprimés publicitaires	8,1	1,4	9,5	3,0	
	Papiers bureautiques	4,7	2,2	6,9	2,2	
	Autres papiers	2,1	1	3,1	1,0	
Cartons	Emballages cartons plats	8,1	1,7	9,8	3,1	**5,7**
	Emballages cartons ondulés	4,9	2,8	7,7	2,4	
	Autres cartons	0,4	0,1	0,5	0,2	
Textiles sanitaires	Textiles fraction papiers souillés (mouchoirs en papier, essui-tout…)	10,4	3,4	13,8	4,4	**4,4**
Eléments fins < à 20 mm		22,3	5,9	28,2	8,9	**8,9**
Total		138,2	41,5	186,6	59,0	**59,0**

Dans ce tableau seules les fractions valorisables sont prises en compte. Ainsi, pour les déchets putrescibles la fraction comprenant les cadavres d'animaux, les excréments, les aliments pour animaux n'a pas été intégrée. De même, seule une partie de la fraction des éléments fins a été considérée.
Ce potentiel de valorisation tend à être surestimé car certaines sous-catégories sont composées de plusieurs matériaux. Par exemple, les produits alimentaires non consommés sont constitués de déchets putrescibles mais également de plastiques.
Ces données sont associées à une marge d'erreur plus ou moins importante.
Seuls les tendances et les ordres de grandeurs peuvent être retenus.

ANNEXE 2

Critères de la norme NFU 44-051 (Source AFNOR NF U44-051 / 2006 – Amendements Organiques)

- Amendements organiques

Valeurs limites en éléments fertilisants

Eléments	Valeurs limites
MS	≥ 30 % sur MB
MO	≥ 20 % sur MB
N	< 3 % sur MB
P_2O_5	< 3 % sur MB
K_2O	< 3 % sur MB
$N+P_2O_5+K_2O$	< 7 % sur MB
C/N	> 8
$(N_{NO3}+N_{NH4}+N_{uréique})/N_{total}$	< 33% de N_{total}

- Critères d'innocuité

Valeurs limites en Eléments Traces Métalliques (E.T.M.)

E.T.M.	Valeurs limites en E.T.M. en mg/kg MS
As	18
Cd	3
Cr	120
Hg	2
Ni	60
Pb	180
Se	12
Cu	300
Zn	600

Valeurs limites en inertes et impuretés

Inertes et impuretés	Valeurs limites
Films + PSE > 5mm	<0,3% MS
Autres plastiques > 5 mm	< 0,8 % MS
Verres + métaux > 2 mm	< 2% MS

Critères micro-biologiques :
Valeurs limites en éléments pathogènes

	Toutes cultures sauf cultures maraîchères	Cultures maraîchères
Œufs d'helminthes viables	Absence dans 1,5 g	Absence dans 1,5 g
Salmonella	Absence dans 1 g	Absence dans 25 g

Composés Trace Organiques (C.T.O.)

C.T.O.	**Teneurs limites** en mg/kg MS
H.A.P (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) :	
- Fluoranthène	4
- Benzo(b)fluoranthène	2,5
- Benzo(a)pyrène	1,5

ANNEXE 3

Annexe de l'arrêté du 19 mai 2011

Tarifs mentionnés à l'article 3 de l'arrêté

I. − **L'efficacité énergétique**

V est l'efficacité énergétique de l'installation calculée sur une base annuelle et est définie comme suit :

$\mathbf{V} = (E_{th} + E_{élec})/(0,97 * E_p)$

formule dans laquelle :

1°) E_{th} est l'énergie thermique valorisée autrement que par la production d'électricité, l'autoconsommation (1) ou la transformation des intrants. Pour le calcul de *V*, seule est comptabilisée l'énergie thermique qui alimente une activité consommatrice en chaleur créée en même temps que l'installation ou vient en substitution d'un moyen de production d'énergie thermique fossile (charbon, gaz, pétrole et leurs dérivés) ;

2°) $E_{élec}$ est l'énergie électrique produite nette, c'est-à-dire la production électrique totale produite laquelle on retire la consommation électrique des auxiliaires ;

3°) E_p est l'énergie primaire en PCI du biogaz en entrée de centrale.

A l'exception des phases de démarrage de l'installation, les besoins en énergie thermique nécessaires à la production du biogaz, tel que le chauffage des cuves de digestion pour une installation de méthanisation, sont obligatoirement satisfaits par l'énergie thermique dégagée de la valorisation du biogaz produit par cette même unité.

Les modalités de contrôle du calcul de *V* sont précisées dans le contrat d'achat.

(1) Consommations dédiées à l'alimentation des besoins en énergie thermique utiles à la production du biogaz et de l'électricité.

II. − **La proportion d'effluent d'élevage**

Ef est la proportion d'effluents d'élevage (en tonnage des intrants) de l'approvisionnement de l'installation calculée sur une base annuelle. Les effluents d'élevage sont l'ensemble des déjections liquides ou solides, fumiers, eaux de pluie ruisselant sur les aires découvertes accessibles aux animaux, jus d'ensilage et eaux usées issues de l'activité d'élevage et de ses annexes.

Les modalités de contrôle du calcul de *Ef* sont précisées dans le contrat d'achat.

III. − **Calcul du tarif d'achat**

On note P_{max} la puissance électrique maximale installée.

1°) A l'exception des installations de stockage de déchets non dangereux, le tarif applicable à $E_{élec}$ est égal à *T*, défini ci-dessous, auquel peuvent s'ajouter les primes *Pe* et *Pr* dont les définitions sont données respectivement en IV et V de cette annexe.

VALEUR de P_{max}	VALEUR de T [c€/kWh]
$P_{max} \leq 150$ kW	13,37
$P_{max} = 300$ kW	12,67
$P_{max} = 500$ kW	12,18
$P_{max} = 1000$ kW	11,68
$P_{max} \geq 2000$kW	11,19

Les valeurs intermédiaires sont déterminées par interpolation linéaire.

2°) Pour les installations de stockage de déchets n on dangereux, le tarif applicable à $E_{élec}$ est égal à T_{ISDND} auquel peut s'ajouter la prime *Pe* dont la définition est donnée en IV de cette annexe. T_{ISDND} est défini de la manière suivante :

VALEUR de P_{max}	VALEUR de T_{ISND} [c€/kWh]
$P_{max} \leq 150$ kW	9,745
$P_{max} \geq 2$ MW	8,121

Les valeurs intermédiaires sont déterminées par interpolation linéaire.

IV. − **La prime à l'efficacité énergétique**

Pe est la prime à l'efficacité énergétique et est définie de la façon suivante :

VALEUR de V	VALEUR de Pe [c€/kWh]
V ≤ 35%	0
V ≥ 70%	4

Les valeurs intermédiaires sont déterminées par interpolation linéaire.

V. − **La prime pour le traitement d'effluents d'élevage**

Pr est la prime pour le traitement d'effluents d'élevage dont la valeur maximale applicable à une installation est notée P_{rmax} et est définie de la façon suivante :

VALEUR de P_{max}	VALEUR de Pr_{max} [c€/kWh]
$P_{max} \leq 150$ kW	2,6
$P_{max} \geq 1000$ kW	12,67

Les valeurs intermédiaires de Pr_{max} sont déterminées par interpolation linéaire.

La valeur de *Pr* applicable à une installation est définie de la façon suivante :

VALEUR de E_f	VALEUR de Pr [c€/kWh]
≤ 20%	0
≥ 60%	Pr_{max}

Les valeurs intermédiaires de *Pr* sont déterminées par interpolation linéaire.

VI. − **Pièces justificatives**

L'exploitant tient à la disposition du préfet l'ensemble des justificatifs nécessaires au calcul du tarif d'achat de l'installation.

L'exploitant transmet annuellement au préfet (directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement ou directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement) un rapport de synthèse sur le fonctionnement de l'installation permettant, le cas échéant, de justifier les valeurs de *V* et de *Ef* pour l'année écoulée.

VII. − **Dispositions diverses**

Si l'une des pièces mentionnées en VI de la présente annexe est manquante ou incomplète, l'exploitant dispose d'un mois supplémentaire pour la fournir ou la compléter. A l'issue de ce délai, l'installation perd le bénéfice des primes dont la justification n'est faite jusqu'à correction de l'irrégularité.

Si, postérieurement à la deuxième année de contrat, *V* diminue du fait de la cessation d'activité d'un acheteur de chaleur, la diminution engendrée sur *Pe* par cette variation est réduite de moitié pendant deux années.

VIII. − **Outre-mer**

T et T_{ISDND} sont majorés de 10 % pour les installations situées dans les départements d'outre-mer et dans la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon.

ANNEXE 4

Tarifs de rachat soumis à consultation pour l'injection de biogaz dans les réseaux

Extrait du communiqué de presse du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire du jeudi 24 février 2011

Injection de biogaz dans les réseaux

Débit d'injection	Tarif (en c€/kWh)
≤ 60 m^3/h	10,3
> à 60 m^3/h et < à 700 m^3/h	Interpolation linéaire
≥ à 700 m^3/h	5

ANNEXE 5

RISQUES SANITAIRES DU BIOGAZ

Extrait de l'AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à : « L'évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel »

L'Afsset a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans le domaine de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter. Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque.
Dans ce cadre, l'Afsset a été saisie le 15 septembre 2006, par les Ministères chargés de la Santé et de l'Ecologie « afin de procéder à une évaluation des risques liés à l'exposition à des composés toxiques entrainés par l'injection de biogaz dans le réseau pour les usagers à leur domicile, en vue de déterminer les caractéristiques, notamment en termes de composition, qui permettront de considérer qu'un biogaz est apte à l'injection dans le réseau de distribution, au regard des risques sanitaires pour l'usager »[1].

Avis et recommandations

Compte-tenu des données disponibles et des conclusions de l'expertise collective, l'Afsset considère que l'injection dans le réseau de certains types de biogaz épurés ne semble pas présenter de risque sanitaire supplémentaire pour les usagers avant et après combustion, par rapport au gaz naturel actuellement distribué. Les biogaz concernés sont :

- Le biogaz épuré issu de déchets ménagers et assimilés produit en installation de stockage de déchets non dangereux.
- Le biogaz épuré issu de la méthanisation en digesteur de déchets non dangereux[2] :
    - biodéchets triés à la source ou déchets ménagers ;
    - déchets organiques agricoles (effluents d'élevages et déchets végétaux), déchets de la restauration collective et déchets organiques fermentescibles de l'industrie agro-alimentaire.

En revanche l'expertise collective ne permet pas de conclure sur les biogaz issus de boues de station d'épuration et des déchets industriels autres que les déchets organiques fermentescibles de l'industrie agro-alimentaire. L'Afsset considère, notamment en raison de la grande variabilité qui caractérise ces activités, qu'il n'y a pas assez de données disponibles pour faire une évaluation des risques sanitaires satisfaisante et préconise d'écarter dans l'immédiat, l'injection dans le réseau de biogaz issus de ces catégories de déchets. Cependant, si l'injection dans le réseau de tels biogaz était sollicitée, l'Afsset recommande qu'une nouvelle évaluation des risques sanitaires, fondée sur des analyses de composition sur le site concerné, et s'appuyant sur la méthode proposée par le rapport d'expertise collective, soit conduite préalablement à l'injection.

L'Afsset rappelle que le présent avis tient compte de l'efficacité d'épuration qui est actuellement mise en place pour satisfaire aux spécifications de GDF pour l'injection de gaz autre que du gaz naturel. De ce fait, une modification de ces spécifications justifierait une nouvelle évaluation des risques dès lors qu'elle aurait un impact sur les conditions d'épuration.

Toutefois l'Afsset souligne le manque de données disponibles sur les compositions chimique et microbiologique des biogaz épurés, du gaz naturel ainsi que de leurs résidus de

[1] : Extrait de la saisine 2006/010 du 15 septembre 2006
[2] : Décret n°2002-540 du 18-04-2002, relatif à la classification des déchets (transposition de la Décision 2001-573-CE qui établit la liste des déchets et de la Directive 91-689-CE qui définit un déchet dangereux).

combustions et les difficultés qui en résultent pour la réalisation de cette évaluation. Aussi, l'Afsset considère qu'il est prématuré de chercher à déterminer les caractéristiques d'un biogaz type (ou un référentiel) pour l'injection dans le réseau de distribution du gaz naturel.

Par conséquent, l'Afsset recommande :

- de développer des programmes de recherche visant à renseigner les teneurs en éléments trace dans les biogaz épurés et le gaz naturel distribué, avant et après combustion. Cette préconisation concerne également la composition en micro-organismes, en particulier pathogènes, susceptibles d'être présents dans le gaz naturel et les biogaz ;
- d'acquérir des connaissances sur l'efficacité des systèmes d'épuration actuels et au fur et à mesure du développement de nouveaux procédés de production et d'épuration du biogaz ;
- de développer et valider des outils analytiques tenant compte des spécificités de la matrice biogaz et des considérations techniques, en vue de la mise en place d'analyses de routine dans les installations de production de biogaz ;
- de rechercher des indicateurs de suivi de la qualité du biogaz ;
- d'une manière générale, de mieux documenter les budgets espace-temps ainsi que les comportements des usagers à leur domicile.

L'Afsset préconise que ces travaux soient réalisés en lien avec les projets européens sur cette thématique[3].

Le Directeur général par intérim
Henri POINSIGNON
Maison-Alfort, le 8/10/08

[3] : Exemple du projet BONGO : Biogas and Others in Natural Gas Opérations est un projet de recherche sur le biogaz réunissant plusieurs partenaires de différents pays européens qui a été soumis au 7ème programme cadre de l'Union Européenne pour la recherche et le développement technologique. Ces travaux visent à caractériser le biogaz et déterminer les risques potentiels de son injection dans le réseau, sur la santé et la sécurité de l'utilisateur final (domestique et industriel) ainsi que sur la sécurité et l'intégrité du réseau.

BIBLIOGRAPHIE

- **Analyse technico-économique des opérations de gestion biologique des déchets.** Synthèse de l'étude. ADEME. Mai 2008

- **Approche comparée du développement du traitement mécano-biologique des déchets ménagers entre la France et l'Allemagne.** Techniques Sciences Méthodes n°5, ASTEE. M-E MOLLARET, A. LE BOZEC. 2009

- **Avis de l'ADEME sur les TMB.** Philippe THAUVIN, ADEME. Juin 2009

- **Combustibles Solides de Récupération (CSR). Les enjeux de la filière, les travaux et positions de la FNADE.** FNADE. Juin 2010

- **Il était une fois, la méthanisation en France…La méthanisation des déchets ménagers.** Dechetcom. Sylvia Baron. Novembre 2010.

- **La composition des ordures ménagères et assimilées en France.** Campagne nationale de caractérisation 2007. ADEME

- **La place du tri mécano-biologique dans le recyclage des Ordures Ménagères Résiduelles.** CEMAGREF, Bernard Morvand. Nancy, 5 février 2009

- **Les centres de traitement mécano-biologique (TMB) : des outils flexibles mais spécifiques en réponse aux contraintes locales.** BIPE pour la FNADE, Mai 2009

- **Les TMB alternative et complément à l'incinération et à la décharge.** Philippe THAUVIN, ADEME SPGD – TMB ASTEE Strasbourg. 3 juin 2010

- **Le traitement bio-mécanique des déchets : avantages, inconvénients, coûts et jeux d'acteurs.** Séries Synthèses. D4E, MEEDAT. Juin 2006

- **Le Traitement Mécano-Biologique des ordures ménagères.** Les Avis de l'ADEME. ADEME. Mai 2010

- **Le tri mécano-biologique, une fausse alternative.** CNIID. Décembre 2008

- **Process-type de compostage et de méthanisation d'ordures ménagères résiduelles.** Philippe THAUVIN, ADEME. Novembre 2008

- **Process-type de TMB avant mise en décharge.** Philippe THAUVIN, ADEME. Avril 2008

- **Emissions gazeuses et liquides émises par des installations de stockage de déchets traités par compostage.** Rapport de synthèse 2006-2008. INERIS. Octobre 2010

- **Traitement des ordures ménagères : quels choix après le Grenelle ?** Rapport d'information. Daniel Soulage, Sénateur. Mission commune d'information sur les déchets n°571 2009-2010

- **Traitement mécano-biologique et tri-compostage**. FNE. Octobre 2010

- **Vade-mecum TMB. Quand choisir un traitement mécano-biologique ?** Philippe THAUVIN, ADEME. Février 2009

- **Visite usine de compostage des OMR du SMITOM Launay Lantic**

- **Visite usine de méthanisation du SIVOM Varennes Jarcy**

ADRESSES UTILES

- **Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)**
  20 avenue du Grésillé
  BP 90406
  49004 ANGERS Cedex 01
  Tél : 02 41 20 41 20
  Fax : 02 41 87 23 50

- **Association Méthéor**
  Au SIVOM de la Vallée de l'Yerres et des Sénarts
  Route du Tremblay
  91480 VARENNES-JARCY
  Tél. 01 69 00 96 90
  Fax : 01 69 39 03 39

- **Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement (FNADE)**
  3 rue de Naples
  75008 PARIS
  Tél. : 01 53 04 32 90
  Fax : 01 53 04 32 99

- **Fédération Nationale des Collectivités de Compostage (FNCC)**
  6 rue Abel Leblanc
  77220 PRESLES-EN-BRIE
  Tél : 04 66 59 06 51
  Fax : 04 66 59 15 03

- **France Nature Environnement (FNE)**
  81-83 boulevard Port-Royal
  75013 PARIS
  Tél : 01 44 08 02 50

- **Réseau Compost Plus**
  A la Communauté d'Agglomération de Pau Pyrénées
  2 bis, Place Royale
  64010 PAU

- **SIVOM de la Vallée de l'Yerres et des Sénarts**
  Route du Tremblay
  91480 VARENNES-JARCY
  Tél. 01 69 00 96 90
  Fax : 01 69 39 03 39

- **SMITOM de Launay Lantic**
  22 rue Pasteur
  22680 ETABLES-SUR-MER
  Tél : 02 96 70 70 40
  Fax : 02 96 70 74 10