



TRIVALOR

Département « Déchets »



CONSEIL GENERAL DES ALPES-MARITIMES

PHASE 3 : CONTRAINTES ET MARGES DE MANOEUVRE

*Etude d'actualisation des données du Plan d'Elimination des Déchets
Ménagers et Assimilés*

Juillet 2007

367, avenue du Grand Ariétaz
73024 CHAMBERY Cedex
Tél. 04 79 69 89 69
www.inddigo.com

SIREN 402 250 427 RCS Chambéry
SIRET 402 250 427 00026

ALTERMODAL

CEDDAET

TRIVALOR



SOMMAIRE

PARTIE A : PERSPECTIVES D'ÉVOLUTIONS DES GISEMENTS, ADEQUATION «BESOINS-CAPACITES» POUR LE TRAITEMENT DES DECHETS RESIDUELS, DEBOUCHES POUR LA VALORISATION ET IMPACTS DES TRANSPORTS	1
1 PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DE LA POPULATION DES ALPES MARITIMES	1
2 PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DES QUANTITES DE DECHETS PRODUITES PAR LES HABITANTS ET LES ENTREPRISES	2
2.1 Les ordures ménagères.....	3
2.2 Les apports en déchèterie	5
2.3 Les déchets banals des entreprises collectés séparément des ordures ménagères	6
2.4 Récapitulatif des prévisions de flux de déchets à traiter en 2010 et 2015	7
3 LES MARGES DE MANŒUVRE POSSIBLES DANS LES ALPES-MARITIMES ET LES ACTIONS PRIORITAIRES	9
3.1 Les priorités d'actions de prévention (réduction de la production des déchets)....	9
3.1.1 <i>Les actions de réduction à la source de la production d'ordures ménagères</i>	9
3.1.2 <i>Les actions en matière de prévention des déchets apportés en déchèterie</i>	11
3.2 Le développement des collectes sélectives (emballages, vieux papiers et matières fermentescibles)	11
3.2.1 <i>Rappel de l'état des lieux</i>	11
3.2.2 <i>Les marges de progrès pour les Alpes-Maritimes</i>	12
3.3 Les marges de progrès et priorités en déchèterie	13
3.4 Les priorités en matière de communication et de sensibilisation.....	14
3.5 Le développement des actions de responsabilisation des usagers	15
4 LE TRAITEMENT DES DECHETS SOLIDES RESIDUELS : ADEQUATION « BESOINS-CAPACITES »	16
4.1 Ce qui restera à éliminer en 2010 et 2015	16
4.2 Les hypothèses retenues pour le traitement des déchets résiduels en 2015	16
4.3 Adéquation « besoins-capacités » pour le traitement des déchets solides : la situation actuelle	17
4.3.1 <i>Dans les usines d'incinération utilisées pour les Alpes-Maritimes</i>	17
4.3.2 <i>En centre de stockage des déchets ultimes (CSDU)</i>	18

4.4	Perspectives « besoins-capacités » pour le traitement des déchets résiduels solides en 2015	18
4.5	Débouchés pour les recyclables secs	22
4.6	Débouchés pour les déchets verts.....	22
4.7	Débouchés pour le compost	22
4.8	Débouchés pour les mâchefers d'incinération.....	24
4.9	Débouchés pour l'énergie.....	25
4.10	Débouchés pour les inertes	25
5	LES TRANSPORTS ET L'IMPACT SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT	26
5.1	Les réflexions des collectivités pour optimiser les transports de déchets	26
5.2	Les perspectives de transports alternatifs pour les déchets	26
5.3	Impacts des transports	27
	PARTIE B : ETAT DE L'ART DES MEILLEURES PRATIQUES DE TRAITEMENT DES ORDURES MENAGERES RESIDUELLES	28
1	LE TRAITEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE CONTENUE DANS LES ORDURES MENAGERES RESIDUELLES.....	30
1.1	Principes et objectifs des traitements biologiques	30
1.2	Les traitements mécano biologique : généralités	31
1.2.1	<i>Objectifs du pré-traitement mécano biologique</i>	<i>32</i>
1.2.2	<i>Les étapes de la stabilisation mécano biologique</i>	<i>32</i>
1.2.3	<i>Bilan matière de la stabilisation mécano biologique.....</i>	<i>34</i>
1.2.4	<i>Impacts sur les filières « aval » de traitement</i>	<i>34</i>
1.2.5	<i>Déchets traités et techniques.....</i>	<i>35</i>
1.3	La stabilisation aérobie (avec ou sans valorisation du compost)	36
1.3.1	<i>Les principaux fournisseurs sur le marché français</i>	<i>36</i>
1.3.2	<i>Les installations de stabilisation aérobie en fonctionnement</i>	<i>36</i>
1.3.3	<i>Les installations de stabilisation aérobie en projet, construction ou démarrage.....</i>	<i>37</i>
1.3.4	<i>Avantages et contraintes de la stabilisation aérobie</i>	<i>38</i>
1.3.5	<i>Problèmes rencontrés et préconisations au cours de la stabilisation aérobie</i> <i>39</i>	
1.3.6	<i>Perception et pérennité de la stabilisation aérobie dans le contexte des Alpes-Maritimes.....</i>	<i>41</i>
1.3.7	<i>Ordres de grandeur financiers pour une unité de stabilisation aérobie de 60 000 t/an.....</i>	<i>41</i>

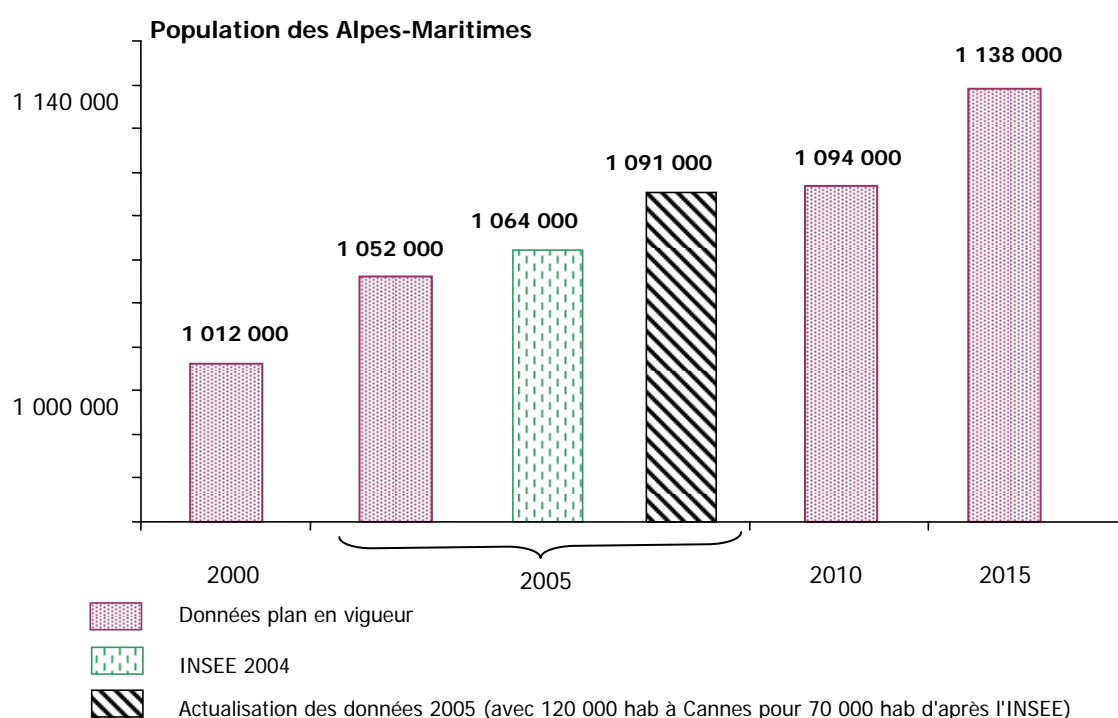
1.4	La stabilisation par méthanisation (avec ou sans valorisation du digestat ou compost)	43
1.4.1	<i>Les principaux fournisseurs sur le marché français</i>	43
1.4.2	<i>Les installations de méthanisation en fonctionnement en 2006</i>	43
1.4.3	<i>Les installations de méthanisation en projet, en construction ou démarrage</i>	44
1.4.4	<i>Avantages et contraintes de la méthanisation</i>	45
1.4.5	<i>Problèmes rencontrés et préconisations pour la méthanisation</i>	45
1.4.6	<i>Atouts et limites dans le contexte des Alpes-Maritimes.....</i>	46
1.4.7	<i>Ordres de grandeur financiers pour une unité de méthanisation de 60 000 t/an</i>	47
1.5	Comparaison de la stabilisation par compostage et par méthanisation.....	48
1.6	Le traitement physico-chimique (chaulage)	49
1.6.1	<i>Note de l'ADEME</i>	49
1.6.2	<i>Le point de vue du CNIID.....</i>	50
1.6.3	<i>Les unités de traitement physico-chimique en France</i>	50
1.6.4	<i>Synthèse du traitement physico-chimique (chaulage).....</i>	51
1.7	Synthèse sur la stabilisation mécano-biologique	52
1.7.1	<i>Comparaison des coûts pour une unité de 60 000 t/an</i>	52
1.7.2	<i>La stabilisation mécano-biologique : synthèse</i>	53
2	LES TRAITEMENTS THERMIQUES.....	54
2.1	Incinération	54
2.1.1	<i>Incinération : four à grille.....</i>	55
2.1.2	<i>Incinération : four oscillant.....</i>	56
2.1.3	<i>Incinération: four à lit fluidisé.....</i>	56
2.1.4	<i>Synthèse des procédés d'incinération</i>	58
2.1.5	<i>Polluants connus</i>	58
2.1.6	<i>Ratios d'investissement pour l'incinération</i>	59
2.1.7	<i>Incinération : Ordres de grandeur financiers.....</i>	59
2.1.8	<i>Avantages et contraintes de l'incinération</i>	59
2.2	La thermolyse	60
2.2.1	<i>Etat du développement de la thermolyse / pyrolyse.....</i>	61
2.2.2	<i>Thermolyse non intégrée</i>	62

2.2.3	<i>Thermolyse intégrée</i>	66
2.2.4	<i>Thermolyse : ordres de grandeur financiers</i>	67
2.2.5	<i>Thermolyse : Contraintes et avantages</i>	68
2.3	Vitrification	69
2.3.1	<i>Définition</i>	69
2.3.2	<i>Vitrification : Contraintes et opportunités</i>	69
2.4	La co-incinération en cimenterie	70
2.4.1	<i>Le principe</i>	70
2.4.2	<i>L'état de l'art et les réflexions sur l'utilisation de déchets solides</i>	70
2.4.3	<i>Contraintes et avantages de la co-incinération en cimenterie</i>	71
2.4.4	<i>Problèmes rencontrés et préconisations</i>	71
2.4.5	<i>Ordres de grandeur financiers</i>	71
2.5	Synthèse traitement thermique.....	72
3	LE STOCKAGE DES DECHETS ULTIMES NON DANGEREUX	74
3.1	Introduction.....	74
3.2	Rappel du principe d'une ISDND	75
3.3	Exemples de démarches innovantes engagées sur le stockage en ISDND	76
3.3.1	<i>Trigone : objectif Zéro rejets</i>	76
3.3.2	<i>La création de 7 ISDND par Trivalis (85)</i>	77
3.3.3	<i>Le stockage en bioréacteur</i>	80
3.3.4	<i>Réflexion sur le stockage « couvert »</i>	84
3.3.5	<i>Le vide de fouille sur une décharge existante</i>	86
4	TRAITEMENT DES DECHETS RESIDUELS ET DEVELOPPEMENT DURABLE	87
4.1	Traitement et emploi	87
4.2	Traitement et impact environnemental	88
4.2.1	<i>Consommation de matières premières non énergétiques</i>	88
4.2.2	<i>Consommation de matières premières énergétiques</i>	90
4.2.3	<i>Contribution des gaz à effet de serre</i>	92
4.2.4	<i>Contribution à l'acidification</i>	94
4.2.5	<i>Principaux enjeux sanitaires</i>	96
4.2.6	<i>Synthèse des impacts sur l'environnement du traitement des déchets ménagers</i>	102
4.3	Traitement et quantités de déchets ultimes à stocker en ISDND	103

4.4	Traitement et ordre de grandeur financier	104
4.5	Traitement des déchets et acceptation des installations dans le bassin de vie .	104

PARTIE A : PERSPECTIVES D'ÉVOLUTIONS DES GISEMENTS, ADEQUATION «BESOINS-CAPACITES» POUR LE TRAITEMENT DES DECHETS RESIDUELS, DEBOUCHES POUR LA VALORISATION ET IMPACTS DES TRANSPORTS

1 PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DE LA POPULATION DES ALPES MARITIMES



Les évolutions de la population sont très variables d'un secteur à l'autre :

- augmentation très faible sur les grandes villes (par exemple : augmentation du nombre de logements de 0,1 % à Nice entre 1999 et 2004), alors que le plan en vigueur prévoit un taux de croissance annuel de 0,8 % (dont 0,6 % sur le littoral),
- forte augmentation de la population à la périphérie et à l'écart des grandes agglomérations, dans le moyen pays.

A l'échelle départementale, l'augmentation annuelle de 0,8 % retenue dans le plan en vigueur est cohérente avec les données INSEE de 2004, pour les dernières années. C'est pourquoi, cette hypothèse a été maintenue dans la projection à 2010 et 2015.

Sur la base des données actualisées en 2005, en retenant 120 000 habitants sur la ville de Cannes, on obtient la projection donnée dans le tableau ci-dessous :

	Population permanente	Taux de croissance annuel
2005	1 091 000	
2010	1 135 000	+ 0,8 %
2015	1 181 000	+ 0,8 %

2 PERSPECTIVES D'EVOLUTION DES QUANTITES DE DECHETS PRODUITES PAR LES HABITANTS ET LES ENTREPRISES

L'évolution globale de la production de déchets solides entre 2000 et 2005 n'est pas un repère fiable, compte tenu de l'hétérogénéité des données de départ. En effet, c'est depuis 2002 que les communes et EPCI ont l'obligation de publier un rapport annuel sur le prix et la qualité du service de traitement des déchets, en application du décret 2000.404 du 11 mai 2000. Avant, les données étaient souvent fragmentaires, et difficiles à utiliser pour avoir une bonne vision départementale.

En revanche, les données fiables disponibles en 2004 et 2005 font ressortir :

- une légère diminution du tonnage **d'ordures ménagères résiduelles** pour les 9 EPCI de traitement (- 2 %), tendance confirmée en 2006 pour quelques EPCI disposant de données (comme la CANCA),
- une légère augmentation du tonnage de déchets solides relevant du service public (+ 3 %).

On a donc assisté au cours de ces deux dernières années à une inversion de tendance, alors que l'augmentation de la production de déchets était forte sur l'ensemble du département au cours des dernières années.

A ce niveau d'avancement des travaux, il n'est pas réaliste de fixer des projections fines d'évolution de la production des déchets par EPCI, car :

- on ne dispose pas d'un recul suffisant et fiable pour mesurer l'impact des futurs dispositifs de réduction de la production de déchets et de valorisation des déchets dans chaque EPCI,
- il appartient à chaque EPCI de définir ses propres priorités en matière de réduction de la production de déchets (ordures ménagères, déchets verts, encombrants), de collecte sélective, de valorisation des déchets (en particulier pour les encombrants) et de communication et sensibilisation des usagers,
- l'évolution prévisionnelle de la production de déchets sera très dépendante :
 - ✓ du futur mode de financement du service (redevance spéciale, redevance incitative, ...), car 8 collectivités ayant la compétence collecte sur 21 réfléchissent à l'évolution de la fiscalité pour leur service public d'élimination des déchets,

- ✓ des stratégies de communication et sensibilisation auprès des usagers (et des moyens mis en œuvre),
- ✓ des actions de responsabilisation auprès des ménages et des entreprises (brigades de l'environnement, ...).

C'est pourquoi, pour chaque catégorie de déchet solide, il a été établi des projections à l'échelle départementale qui sont déclinées à l'échelle de chaque EPCI de traitement en annexe, sans différenciation pour chaque territoire, compte tenu des incertitudes évoquées précédemment.

Les trois scénarios comparés aux horizons 2010 et 2015 sont détaillés par la suite :

- le scénario « ne pas faire + », où la production d'ordures ménagères par habitant reste au niveau actuel, soit 491 kg/habitant permanent.an, en renforçant néanmoins le réseau de déchèteries sur la CANCA,
- le scénario « faire + » et le scénario « faire ++ » présentés aux § 2.1, 2.2 et 2.3 retiennent des objectifs qui se situent dans la ligne fixée par le MEDD en 2005, tant pour la réduction de la production de déchets, la collecte sélective et la valorisation des déchets reçus en déchèterie : ces deux scénarios sont aussi appelés par la suite « scénarios volontaristes ».

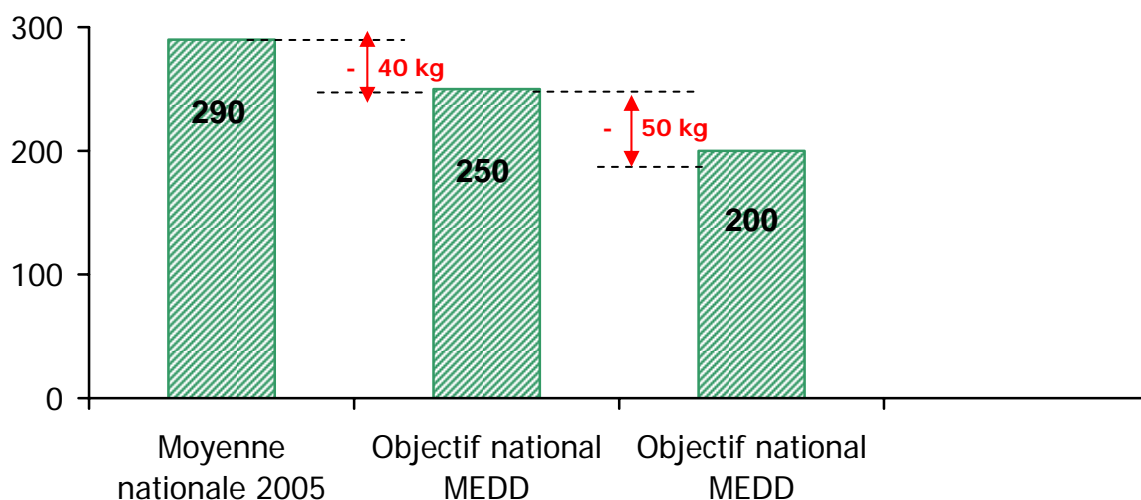
2.1 LES ORDURES MENAGERES

Trois projections ont donc été établies aux horizons 2010 et 2015, avec :

- le scénario « ne pas faire + », en maintenant la production actuelle de déchets,
- un scénario « faire + », réaliste, en prévoyant néanmoins des moyens humains, matériels et une stratégie de communication ambitieuse pour diminuer la production de déchets et améliorer les performances de collecte sélective,
- un scénario « faire ++ », où l'accent est mis sur la réduction de la production des ordures ménagères et la collecte sélective, tout en restant compatible avec la situation locale.

Les deux scénarios « volontaristes » se situent dans la ligne fixée par le MEDD en 2005, qui définissait **au niveau national** l'évolution suivante pour les ordures ménagères résiduelles, avec une diminution de la production de 40 kg entre 2005 et 2010 et 50 kg entre 2010 et 2015.

OM résiduelles en kg/hab.an



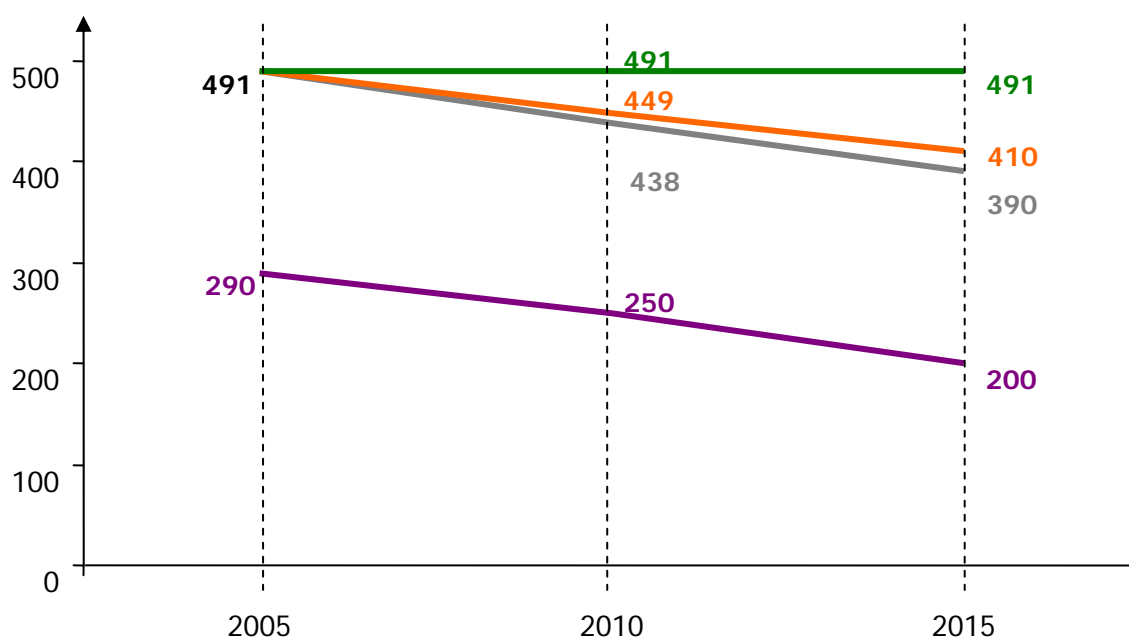
Dans les Alpes-Maritimes, comme la production moyenne d'ordures ménagères résiduelles se situait à 491 kg/hab.an en 2005, s'échelonnant entre 367 et 691 kg/hab.an, il ne serait pas réaliste de se caler sur les objectifs nationaux de 250 kg/hab.an en 2010 et 200 kg/hab.an en 2015 pour le département.

En revanche, afin de s'inscrire dans la dynamique nationale, il est proposé de tendre vers la même évolution, à savoir réduction de la production d'ordures ménagères résiduelles de 40 kg/hab.an entre 2005 et 2010 et réduction de 50 kg/hab.an entre 2010 et 2015.

Les scénarios « faire +I » et « faire ++ » se situent à plus ou moins 10 kg d'ordures ménagères résiduelles/hab.an de l'évolution nationale (chiffres arrondis pour 2015).

Les projections fixées pour les ordures ménagères sont détaillées pour les trois scénarios dans le graphe ci-dessous :

OM résiduelles en kg/hab.an



- Objectif du MEDD au niveau national
- Scénario « faire ++ » pour les Alpes – Maritimes
- Scénario « faire + » pour les Alpes – Maritimes
- Scénario « ne pas faire + » pour les Alpes – Maritimes

Au regard de cet objectif de diminution de la production des ordures ménagères résiduelles, les EPCI devront à la fois :

- renforcer les collectes sélectives
- déployer un programme d'actions de réduction de la production de déchets,
- définir une stratégie de communication et de sensibilisation,
- développer des actions de responsabilisation (brigades de l'environnement, verbalisation, ...).

Selon les scénarios, les évolutions annuelles de la production d'ordures ménagères résiduelles sont détaillées ci-dessous, en référence à 2005 :

	Scénario « ne pas faire + »	Scénario « faire + »	Scénario « faire ++ »
Evolution annuelle de la production d'ordures ménagères résiduelles	+ 0,8 %	- 1 %	- 1,5 %
Evolution de la collecte sélective en référence à 2005 :	+ 0,8 % par an	+ 5 % par an	+ 7 % par an
- pour 2010	0	+ 20 kg/hab.	+ 25 kg/hab.
- pour 2015	0	+ 34 kg/hab.	+ 47 kg/hab.
Réduction de la production de déchets en référence à 2005 :			
- pour 2010	0	- 19 kg/hab.	- 26 kg/hab.
- pour 2015	0	- 42 kg/hab.	- 49 kg/hab.

Cela signifie qu'avec une hypothèse de croissance démographique de 0,8 % par an, la production d'ordures ménagères diminuera de 1 % à 1,5 % chaque année pour les deux scénarios « volontaristes », ce qui représente à la fois une modeste diminution à l'échelle du département, mais en revanche un réel changement des habitudes pour les usagers (habitants, entreprises, administration, ...) :

- réduction de 20 à 50 kg/hab.an de la production de déchets (2010 et 2015) : voir détail au § 3.1
- augmentation de la collecte sélective de 5 à 7 % par an, soit entre 25 et 47 kg/hab.an (respectivement pour 2010 et 2015) : voir détail aux § 3.2 et § 3.3.

2.2 LES APPORTS EN DECHETERIE

On assiste partout en France à une augmentation très forte des apports en déchèterie, observée aussi dans les Alpes-Maritimes, qu'il sera nécessaire d'optimiser à l'avenir pour maîtriser les coûts. En effet, afin d'éviter des dérives, il sera de plus en plus recommandé d'apporter en déchèterie les matériaux qui ne peuvent être réutilisés (orientés vers les futures recycleries par exemple) ou « laissés sur place » comme les gazons.

Compte tenu du réseau d'équipements en place sur le département, et du constat d'un déficit essentiellement sur le territoire de la CANCA, il est réaliste d'envisager à l'avenir :

- une stabilisation des apports en déchèterie (en kg/hab.an) en dehors de la CANCA (217 kg/hab.an en 2005), mais en augmentant le taux de valorisation matière des déchets (actuellement de 44 %),
- une augmentation annuelle de 5 % par an jusqu'en 2010, puis 2 % par an jusqu'en 2015 sur la CANCA, en augmentant aussi le taux de valorisation matière, avec la construction de plusieurs déchèteries.

Pour atteindre cet objectif, la communication devra être renforcée par certains EPCI et communes d'une part, pour inciter à la réduction des apports de déchets verts (incitation au « laisser sur place », ...) et d'autre part, disposer de bennes pour séparer plus et mieux valoriser certains déchets :

- très médiocres performances actuelles pour le carton,
- séparation du bois à généraliser,
- séparation des D3E (en cours),
- valorisation des gravats propres à développer,
- ...

En comparaison avec le faible taux actuel de valorisation (44 %), il est tout à fait réaliste d'atteindre à l'horizon 2015 un taux de valorisation de 70 % en déchèterie.

Le scénario « faire + » et le scénario « faire ++ » se différencient uniquement sur la vitesse de mise en place de nouvelles filières de valorisation et de bennes spécifiques dans les déchèteries :

Taux de valorisation des déchets (%)	Scénario «ne pas faire +»	Scénario « faire + »	Scénario « faire ++ »
2010	44 %	60 %	70 %
2015	44 %	70 %	70 %

2.3 LES DECHETS BANALS DES ENTREPRISES COLLECTES SEPAREMENT DES ORDURES MENAGERES

Pour l'année 2005, les DIB ont été évalués à l'aide de ratios actualisés en 2004 sur la base de données de l'ADEME, en approchant la quantité de DIB séparée des OM ou en mélange avec les OM selon le type d'activité et le nombre de salariés par entreprise.

Cette approche évalue à 440 000 t le flux de DIB séparé des OM en 2005. Pour 2010 et 2015, deux hypothèses ont été établies :

	Scénario «ne pas faire +»	Scénario « faire + »	Scénario « faire ++ »
Evolution annuelle de la production de DIB	+ 0,8 % (croissance démographique)	+ 0,8 % (croissance démographique)	0 %
Taux de valorisation des DIB			
- 2010	35 %	45 %	55 %
- 2015	35 %	50 %	60 %

Le taux actuel de valorisation des DIB n'est pas bien connu et les objectifs fixés restent des ordres de grandeur qui situent les enjeux, sans disposer de moyens de mesures précis du taux réel de valorisation des DIB. Néanmoins, les travaux en cours dans le département pilotés par la CCI s'inscrivent dans une logique d'amélioration de la valorisation (gestion collective, ...).

Par ailleurs, l'évolution du mode de financement du service public, avec l'instauration de la redevance spéciale, est de nature à modifier sensiblement le mode de gestion des DIB, et donc leur taux de valorisation.

2.4 RECAPITULATIF DES PREVISIONS DE FLUX DE DECHETS A TRAITER EN 2010 ET 2015

Le tableau ci-dessous traduit de façon synthétique, à l'échelle du département, les objectifs fixés préalablement en tonnage d'ordures ménagères résiduelles à traiter et de déchets valorisés sous forme de matière (et compost), hors valorisation énergétique.

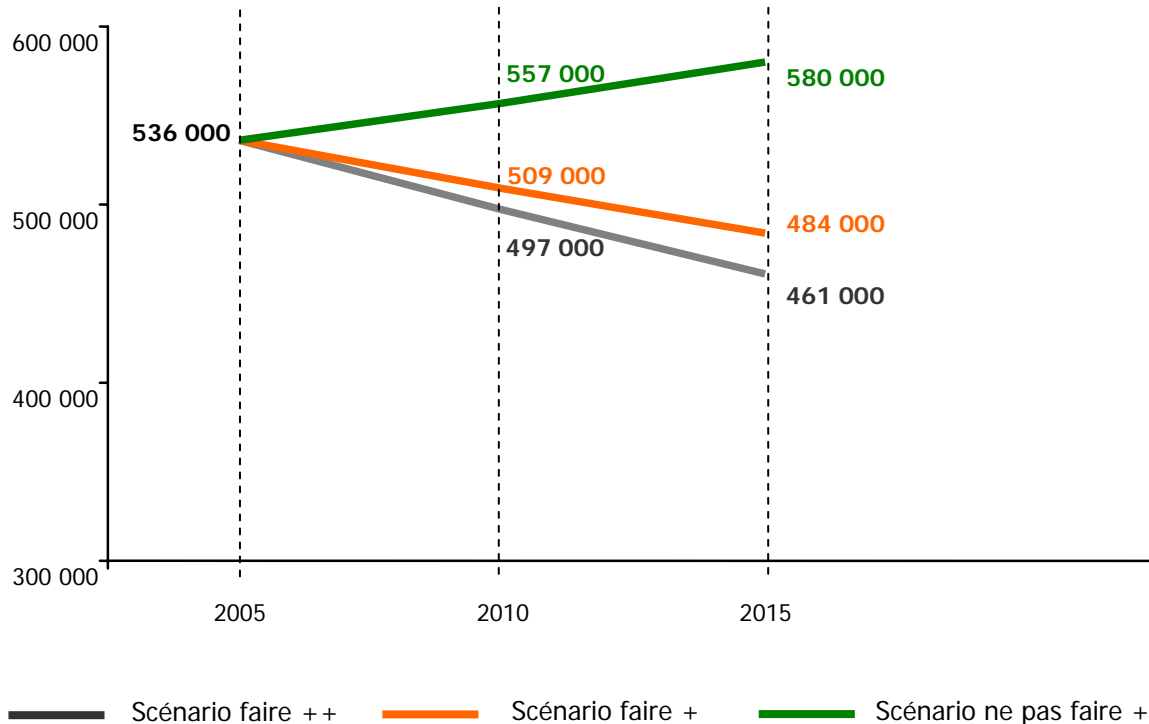
Le détail des hypothèses retenues pour chaque catégorie de déchet figure en annexe 1 et dans les chapitres suivants.

Cette synthèse des flux gérés par les EPCI prend en compte la croissance démographique.

	2005 (en t)	2010 (en t)	2015 (en t)
Ordures ménagères résiduelles	536 000	« ne pas faire + » : 557 000 « faire + » : 509 000 « faire ++ » : 497 000	« ne pas faire + » : 580 000 « faire + » : 484 000 « faire ++ » : 461 000
Déchets valorisés par les EPCI	135 000	« ne pas faire+ » : 145 000 « faire + » : 186 000 « faire ++ » : 211 000	« ne pas faire + » : 151 000 « faire + » : 229 000 « faire ++ » : 245 000
Déchets résiduels gérés par les EPCI	668 000	« ne pas faire + » : 700 000 « faire + » : 623 000 « faire ++ » : 591 000	« ne pas faire + » : 729 000 « faire + » : 584 000 « faire ++ » : 560 000
Déchets résiduels (EPCI et DIB)	954 000	« ne pas faire + » : 997 000 « faire + » : 872 000 « faire ++ » : 786 000	« ne pas faire + » : 1 039 000 « faire + » : 817 000 « faire ++ » : 731 000

La projection sur 10 ans fait apparaître sur le graphe suivant un écart de 120 000 t/an de besoin de capacité de traitement des ordures ménagères résiduelles entre le scénario « ne pas faire + » et le scénario « faire ++ », ce qui correspond presque à la capacité de l'UIOM d'Antibes !

Ordures ménagères résiduelles en t/an



Si l'on compare d'un scénario à l'autre les quantités totales de déchets résiduels solides à l'horizon 2015, en incluant les DIB et les apports en déchèterie, l'écart entre le scénario « ne pas faire + » et le scénario « faire ++ » est de l'ordre de 300 000 t/an ce qui imposerait des besoins supplémentaires importants de capacité de traitement en UIOM et centre de stockage (pour déchets non dangereux et pour inertes).

Entre le scénario « ne pas faire + » et le scénario « faire ++ », la marge de progrès est donc très importante.

3 LES MARGES DE MANŒUVRE POSSIBLES DANS LES ALPES-MARITIMES ET LES ACTIONS PRIORITAIRES

3.1 LES PRIORITES D' ACTIONS DE PREVENTION (REDUCTION DE LA PRODUCTION DES DECHETS)

Si, entre 2000 et 2005, on observe dans les Alpes-Maritimes :

- une croissance démographique soutenue,
- une augmentation de la production de déchets ménagers (et de déchets d'entreprises et d'administrations collectés en même temps), ramenée à l'habitant de + 32 %,

le renversement de cette tendance est amorcé pour les ordures ménagères résiduelles, mais pour atteindre les objectifs fixés dans les scénarios « volontaristes », plusieurs actions de prévention devront se décliner, avec comme priorités :

- **l'incitation auprès de toutes les collectivités à examiner toutes les mesures possibles pour réduire la quantité de déchets,**
- **des actions prioritaires chiffrables ciblées sur la diminution des ordures ménagères** (s'inscrivant notamment dans le cadre du plan national de prévention de la production de déchets),
- quelques actions ciblées sur les déchets reçus en déchèterie (déchets verts, encombrants),
- **une réflexion à engager sur la mise en place de la redevance spéciale et de la redevance incitative.**

Les axes de progrès proposés dans les Alpes-Maritimes sont réalistes, établis sur la base de retours d'expériences.

La philosophie du programme d'actions de prévention repose sur 5 principes simples :

- 1) définir une organisation départementale avec une structure de pilotage (Comité de Suivi),
- 2) rechercher l'exemplarité plutôt que l'exhaustivité,
- 3) rechercher une synergie avec les actions locales déjà engagées dans les Alpes-Maritimes et au niveau national,
- 4) engager des opérations « pilotes » et innovantes pour élargir le champ à des actions autres que les actions prioritaires,
- 5) suivre en continu les résultats (observatoire départemental).

3.1.1 LES ACTIONS DE REDUCTION A LA SOURCE DE LA PRODUCTION D'ORDURES MENAGERES

L'objectif affiché dans le scénario « faire ++ » est de diminuer la production de déchets de 26 kg/hab.an dès 2010 et de 49 kg/hab.an en 2015.

En complément des mesures recommandées sur la fiscalité, les actions prioritaires proposées sont :

- réduire les publicités non adressées mises dans les boîtes aux lettres (Stop Pub),
- généraliser la suppression des sacs de caisse jetables (actions déjà engagée depuis 2006),
- développer le compostage à domicile ou de quartier et la réduction de la production de déchets verts,

- inciter les usagers à boire l'eau du robinet,
- montrer l'exemple dans les collectivités publiques (Conseil général, mairies, EPCI,...), dans tous les établissements qui en dépendent et dans toutes les administrations des Alpes-Maritimes,
- promouvoir et soutenir les pratiques et les filières de la réutilisation et de réparation,
- orienter les consommateurs vers l'achat et les commerçants vers la commercialisation des produits et services produisant moins de déchets,
- dématérialiser les bureaux et notamment y diminuer l'utilisation des papiers,
- renforcer l'éducation à l'environnement,
- créer un réseau de foyers référents prêts à être suivis dans leur démarche de prévention et à témoigner des résultats obtenus.

Les enjeux quantitatifs sont détaillés dans les tableaux ci-dessous pour le scénario «faire ++ ».

En kg/habitant permanent an	Gisement rapporté à la population permanente du département	2010	2015
Promouvoir la redevance incitative (REOM et redevance spéciale)		3	11
Réduire les publicités non adressées (Stop Pub)	18	3	6
Supprimer les sacs de caisse	2	1	1
Développer le compostage à domicile	20	5	10
Inciter à boire l'eau du robinet	1	0,5	0,5
Montrer l'exemple dans les établissements publics	4	1	2
Promouvoir les filières de réutilisation et réparation	2	1	1
Orienter le comportement des consommateurs	20	5	8
Dématérialiser les bureaux	10	3	5
Agir dans les commerces et la restauration	20	3	5
Renforcer l'éducation à l'environnement		Non chiffrable	Non chiffrable
Créer un réseau de foyers référents		Non chiffrable	Non chiffrable
Total arrondi		25	49

3.1.2 LES ACTIONS EN MATIERE DE PREVENTION DES DECHETS APPORTES EN DECHETERIE

Les principales actions de prévention portent sur :

- les déchets verts, en incitant à de nouvelles pratiques du jardinage, conjuguant le « laisser sur place », le choix de variétés d'arbres et arbustes à croissance ralentie, l'incitation à l'achat individuel ou groupé ou à la mise à disposition de broyeurs de végétaux ; la mise en place d'actions pilote pour promouvoir le compostage semi collectif, permettrait de mesurer l'impact de telles actions.

Enjeux : Alors que les quantités de déchets verts augmentent partout dans les Alpes-Maritimes, sur le réseau de déchèteries, l'objectif consiste à stabiliser les apports à leur niveau actuel.

- la mise en place d'un réseau de recycleries sur les sites les plus importants (réflexion en cours sur la CANCA). Ces recycleries-ressourceries peuvent se coupler avec des ateliers de démontage des encombrants, ce qui permet d'augmenter le taux de valorisation matière de ces déchets et de diminuer la quantité de déchets à éliminer en ISDND.

Enjeux : Les quantités susceptibles d'être déviées sur les territoires français équipés de recycleries sont de l'ordre de 1,75 kg/hab. ; on peut dévier en 2010 1 kg/hab.an et 1,7 kg/hab.an en 2015, soit 1 100 t en 2010 et 1 800 t en 2015.

3.2 LE DEVELOPPEMENT DES COLLECTES SELECTIVES (EMBALLAGES, VIEUX PAPIERS ET MATIERES FERMENTESCIBLES)

3.2.1 RAPPEL DE L'ETAT DES LIEUX

En 2005, la collecte des journaux magazines et autres vieux papiers et des emballages concerne quasiment toute la population départementale. Les performances actuelles de valorisation des emballages et des journaux-magazines sont en dessous des moyennes nationales, et il faut rappeler que ces performances sont rapportées à la population permanente, alors qu'environ 10 % des déchets viennent de l'activité touristique.

	Matériaux valorisés en 2005	Données nationales	
	kg/hab. permanent par an	Apport volontaire	Porte à porte
Verre	20	31	31
Journaux-magazines et autres vieux papiers	14	16	22
Emballages	9	8	13

3.2.2 LES MARGES DE PROGRES POUR LES ALPES-MARITIMES

Comme une partie du territoire est desservie par des bornes d'apport volontaire, il serait très ambitieux de se positionner au-dessus de la moyenne nationale actuelle. En plus du renforcement de la collecte sélective auprès des ménages, il est proposé un renforcement de la collecte systématique du verre dans les débits de boissons, des cartons des commerces, des papiers des administrations et des matières organiques des gros producteurs. Un des objectifs majeurs est la maîtrise des refus de tri, challenge très audacieux, car pour conserver le taux actuel de l'ordre de 4 kg/habitant.an, des moyens importants de communication et d'optimisation des collectes sélectives devront être déployés, en priorité sur le littoral.

Objectifs du scénario « faire + » pour le recyclage des ordures ménagères (en kg/hab. permanent.an)

	2005	Perspectives 2010	Perspectives 2015
Matières organiques gros producteurs	0	4	5
Métaux UIOM	11	11	11
Refus de tri	4	5	6
Verre	20	24	30
Journaux magazines et autres vieux papiers	14	18	22
Autres emballages	9	12	14
Total recyclage (sans refus de tri)	54	74	88

Objectifs du scénario « faire ++ » pour le recyclage des ordures ménagères (en kg/hab. permanent.an)

	2005	Perspectives 2010	Perspectives 2015
Matières organiques gros producteurs	0	4	5
Métaux UIOM	11	11	11
Refus de tri	4	5	6
Verre	20	26	36
Journaux magazines et autres vieux papiers	14	20	26
Autres emballages	9	13	17
Total recyclage (sans refus de tri)	54	80	101

3.3 LES MARGES DE PROGRES ET PRIORITES EN DECHETERIE

Les axes de progrès consistent à :

- inciter les usagers à apporter en déchèterie les matériaux non réutilisables et les déchets verts difficiles à laisser sur place, avec en corollaire :
 - le soutien à la mise en place d'un réseau de recycleries en parallèle aux déchèteries,
 - le renforcement de la prévention pour maîtriser les apports de déchets verts,
- renforcer le réseau de déchèteries sur le territoire de la CANCA,
- augmenter la valorisation matière des encombrants en mélange qui vont à l'heure actuelle en installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) : séparation du bois en particulier, augmentation de la valorisation énergétique (installations industrielles et incinération), augmentation de la valorisation des inertes (gravats) et augmentation de la valorisation des cartons,
- disposer d'un réseau suffisant sur le département de déchèteries équipées pour recevoir des déchets spécifiques comme l'amiante ciment (équipement et formation des agents),
- encourager l'installation de déchèteries dédiées aux professionnels, à proximité des plus grosses zones d'activité, si la demande est exprimée (CANCA, SIVADES, SIDOM),
- former les gardiens des déchèteries,
- favoriser l'accueil des DASRI en déchèterie.

❖ *L'augmentation de la valorisation du bois*

La principale voie à développer est la systématisation de la mise en place d'une benne spécifique, dans la mesure où des débouchés existent, car ce flux représente 30 à 40 % des encombrants non valorisés.

❖ *L'augmentation de la valorisation des matières premières*

Le tri des matériaux qui sont aujourd'hui dans la benne « tout venant » peut être largement développé sur les déchèteries principales, **et en particulier pour les cartons**, car il y a très peu de déchèteries équipées d'une benne spécifique pour les cartons.

❖ *L'augmentation de la valorisation énergétique*

Le département des Alpes-Maritimes bénéficie d'une opportunité, avec la présence de capacités disponibles en UIOM (voir § 4.4), pour utiliser la fraction combustible des encombrants après broyage.

❖ *L'augmentation de la valorisation des inertes*

Une faible fraction des inertes collectés en déchèterie sont valorisés, alors que ce flux représente des tonnages considérables. Il est indispensable de valoriser la majorité des inertes, avec un réseau de plates-formes de recyclage d'inertes de proximité développé sur le territoire en cohérence avec le plan départemental de gestion et d'élimination des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics. Cela suppose au préalable de supprimer les gravats « sales », dont le coût d'élimination est élevé, par un tri approprié des inertes en déchèterie.

Les marges de progrès figurent dans le tableau ci-dessous pour le scénario « faire ++ ».

kg/hab. permanent.an	2005	Perspectives en 2010	Perspectives en 2015
Déchets verts	40	50	50
Ferrailles	12	15	15
Cartons	3	7	7
Bois	8	10	11
Autres encombrants	6	10	10
Inertes valorisés	-	20	22
DEEE (électro) valorisés	-	3	3
Total valorisé	69	115	118
Inertes non valorisés	45	25	25
Encombrants non valorisés	41	23	22
Déchets dangereux (DEEE, DDM, DTQD)	0,7	2	3
Total non valorisé	87	50	50
Total général	156	165	168
<i>Taux de valorisation</i>	<i>44 %</i>	<i>70 %</i>	<i>70 %</i>
Total valorisé	74 700 t	131 000 t	139 000 t
TOTAL déchèterie	170 500 t	187 000 t	199 000 t

3.4 LES PRIORITES EN MATIERE DE COMMUNICATION ET DE SENSIBILISATION

Avant de proposer des pistes d'actions en matière de sensibilisation des usagers et de communication, la priorité réside dans la définition d'une stratégie de communication, à l'échelle de chaque EPCI et au niveau du Département.

En effet, compte tenu de situations très contrastées (littoral, stations de ski, évènements majeurs : festival de Cannes, congrès internationaux, ...), chaque territoire se doit de cibler ses actions de communication et sensibilisation pour valoriser au mieux les moyens (financiers) engagés.

L'efficacité des outils de communication et de sensibilisation est intimement liée à une définition la plus précise possible des objectifs.

Il importera donc de choisir des moyens de sensibilisation :

- adaptés à tous les usagers, comme le Stop Pub par exemple ou la promotion de la réutilisation (recycleries), où chacun s'interroge sur sa participation au changement de ses habitudes,
- ciblés sur des groupes, dont certains ont déjà été identifiés :
 - ✓ projets de sensibilisation (auprès de chaque collégien par exemple avec un CD-Rom interactif),
 - ✓ projet d'annuaire des éco-entreprises par exemple,
 - ✓ projets d'actions très précises, comme la collecte des déchets d'activités de soins pour les patients en auto traitement (double cible : médecins et patients),
 - ✓

Pour ces programmes de sensibilisation, quelques principes de base devront être retenus :

- l'éco-communication : communiquer en réduisant les impacts sur l'environnement, par une diffusion ciblée ou privilégiant les documents numériques par exemple (Internet, CD ...),
- l'exemplarité des administrations et de toutes les collectivités (mairies, ...) qui doivent s'appliquer les recommandations faites aux usagers.

3.5 LE DEVELOPPEMENT DES ACTIONS DE RESPONSABILISATION DES USAGERS

Trois pistes majeures de responsabilisation des usagers auront un impact fort sur la production de déchets ménagers et assimilés, les coûts et la maîtrise des nuisances :

- la mise en place de brigades de l'environnement, susceptibles d'intervenir auprès des particuliers et des entreprises (commerces, artisans, ...),
- la facturation du coût du service public en fonction des quantités produites (nombre de levées du bacs, poids du bac, ...), ce qui nécessite un financement du service par la redevance (REOM),
- la diminution de la fréquence de collecte des ordures ménagères, qui, même si elle peut être mal comprise par les usagers au moment du changement, se traduira par une maîtrise des coûts et une diminution importante des transports routiers, qu'il est possible d'expliquer.

4 LE TRAITEMENT DES DECHETS SOLIDES RESIDUELS : ADEQUATION « BESOINS-CAPACITES »

Ce chapitre concerne les déchets ménagers et assimilés traités dans des installations publiques et privées des Alpes-Maritimes (et de la Principauté de Monaco), qui acceptent des déchets gérés par les EPCI et les communes. Sont donc exclues les installations spécifiques de traitement de déchets dangereux par exemple.

4.1 CE QUI RESTERA A ELIMINER EN 2010 ET 2015

Les déchets qui resteront à éliminer sous la responsabilité des collectivités seront :

- les ordures ménagères résiduelles dirigées vers les UIOM du département et de la Principauté de Monaco,
- les refus des ordures ménagères résiduelles compostées et stabilisées du SIVADES, du SMED et de la CARF, dirigées vers les ISDND et/ou les UIOM du département,
- les refus de tri issus des collectes sélectives, incinérés ou stockés en ISDND,
- les refus de compostage des déchets verts, incinérés ou stockés en ISDND,
- les encombrants non valorisables stockés en ISDND ou valorisés en UIOM ou éventuellement en cimenterie,
- les mâchefers non utilisés en TP,
- les DIB non valorisables,
- les boues séchées,
- les DASRI incinérables (en cohérence avec le PREDAS).

4.2 LES HYPOTHESES RETENUES POUR LE TRAITEMENT DES DECHETS RESIDUELS EN 2015

Les hypothèses de travail retenues pour l'évaluation des besoins et des capacités de traitement à l'horizon 2015 sont les suivantes :

a) *Pour les deux scénarios « volontaristes » :*

- 1) tri-compostage des ordures ménagères résiduelles sur les territoires du SIVADES, du SMED et de la CARF, avec 50 % de déchets secs à enfouir ou incinérer après tri-compostage :
 - ✓ enfouissement des déchets résiduels pour le SMED et le SIVADES,
 - ✓ incinération des déchets résiduels pour la CARF (capacité disponible à Monaco),
- 2) incinération des ordures ménagères résiduelles sur les autres EPCI des Alpes-Maritimes, dans les UIOM du département et de la Principauté de Monaco,
- 3) incinération des refus des centres de tri des recyclables des ménages (≈ 7 000 t/an en 2015),
- 4) incinération des encombrants broyés de la CANCA d'une part, et du SIVADES et du SIDOM d'autre part, si les capacités de l'usine d'Antibes le permettent,
- 5) incinération possible d'une fraction combustible de DIB sur l'UIOM de Nice d'une part, et sur les UIOM de Monaco et Antibes d'autre part, si les capacités de ces UIOM le permettent,
- 6) incinération possible des refus combustibles du futur CVO du SIVADES, dans l'UIOM d'Antibes, si des capacités sont disponibles dans cette usine,

- 7) incinération de DASRI et de boues séchées sur l'UIOM de Nice,
- 8) stockage en CSDU :
 - ✓ des déchets résiduels, à défaut de capacités disponibles en UIOM,
 - ✓ des déchets non combustibles.

b) Pour le scénario « ne pas faire + » :

- 1) stockage en CSDU des ordures ménagères résiduelles du SIVADES, du SMED et d'une partie des ordures ménagères de la CARF, à défaut de centres de valorisation organique,
- 2) mêmes destinations que pour les scénarios volontaristes pour les autres catégories de déchets (voir point a) ci - dessus.

4.3 ADEQUATION « BESOINS-CAPACITES » POUR LE TRAITEMENT DES DECHETS SOLIDES : LA SITUATION ACTUELLE

4.3.1 DANS LES USINES D'INCINERATION UTILISEES POUR LES ALPES-MARITIMES

❖ *L'UIOM de la CANCA à Nice*

En 2005, l'usine a traité 336 000 t :

ENTRANTS

Nature du déchet	Provenance	Tonnages
Ordures ménagères CANCA (sauf Cap d'Ail)	CANCA	223 209 t
Refus de tri	CANCA	1 741 t
Déchets verts	CANCA	1 286 t
Déchets des marchés et halles et déchets municipaux	CANCA	15 532 t
Broyats (encombrants triés)	CANCA	30 194 t
Boues de STEP séchées	HALIOTIS	23 919 t
Déchets d'activités de soin DASRI	HOPITAUX, CLINIQUES	4 193 t
Déchets industriels banals	ENTREPRISES	15 159 t
Ordures ménagères	AUTRES EPCI ET COMMUNES	20 737 t
TOTAL		336 000 t

En 2006, l'usine a traité 318 000 t, avec une diminution sensible des apports de DIB (- 6 300 t), des apports de boues (- 4 000 t) et des apports d'ordures ménagères (- 6 100 t), en comparaison avec 2005.

La courbe d'augmentation de la production d'ordures ménagères s'inverse enfin, libérant ainsi des capacités d'incinération pour d'autres collectivités ou des entreprises.

Cette usine dispose d'une capacité autorisée de 380 000 t/an, mais avec l'augmentation du PCI des déchets et la gestion des pointes saisonnières, il est préférable de prévoir la possibilité de traiter environ 350 000 t/an, ce qui laisse aujourd'hui des capacités disponibles de l'ordre de 15 000 à 30 000 t/an.

❖ *L'UIOM du SIDOM à Antibes*

En 2008, l'UIOM du SIDOM disposera d'une capacité de traitement de 148 000 t/an et sera saturée par les apports d'ordures ménagères du SIDOM et du SIVADES (Mouans Sartoux).

❖ *L'UIOM de Monaco*

En 2005, l'UIOM de Monaco a traité 17 000 t de déchets des Alpes-Maritimes (CARF + Cap d'Ail-CANCA).

Les apports en provenance des Alpes-Maritimes représentent près de 30 % de la quantité annuelle traitée ; le partenariat entre les Alpes-Maritimes et Monaco est pérenne car l'UIOM de Monaco a besoin des tonnages de la CARF pour fonctionner normalement.

L'usine a fonctionné en 2005 à 68 % de sa capacité nominale ; il serait donc possible de traiter environ 20 000 t supplémentaires dans cette usine chaque année, en provenance des Alpes-Maritimes ou de l'Italie.

4.3.2 EN CENTRE DE STOCKAGE DES DECHETS ULTIMES (CSDU)

L'appellation Centre de Stockage des Déchets Ultimes (CSDU), Centre d'Enfouissement Technique (CET) ou depuis peu Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND), en référence aux textes européens qui séparent les déchets en 3 catégories (inertes, déchets dangereux et déchets non dangereux), correspond au même type d'installation : ces mêmes termes sont utilisés pour un centre qui est unique dans les Alpes-Maritimes, le CSDU de La Glacière à Villeneuve Loubet.

Autorisé jusqu'en 2013, ce centre de stockage n'est pas autorisé pour accepter des déchets extérieurs au département. Il a reçu environ 300 000 t/an en 2005 et 2006.

Même si l'évaluation prévisionnelle des besoins de stockage en CSDU est incertaine à l'horizon 2015, les besoins actuels (300 000 t/an) sont un minimum à prévoir dans les plus brefs délais pour disposer d'une solution pérenne à partir de 2011.

4.4 PERSPECTIVES « BESOINS-CAPACITES » POUR LE TRAITEMENT DES DECHETS RESIDUELS SOLIDES EN 2015

Ces perspectives ont été établies à l'échelle des EPCI de traitement.

Pour les trois scénarios, à l'horizon 2015, ont été comparés :

- les flux de déchets des Alpes-Maritimes à incinérer dans les UIOM du département et celle de Monaco,
- les flux de déchets résiduels à stocker en CSDU,
- les capacités disponibles dans les UIOM pour recevoir des DIB ou autres déchets non ménagers.

Le détail des flux et les hypothèses de travail retenues pour chaque EPCI et chaque catégorie de déchet figurent en annexe 2.

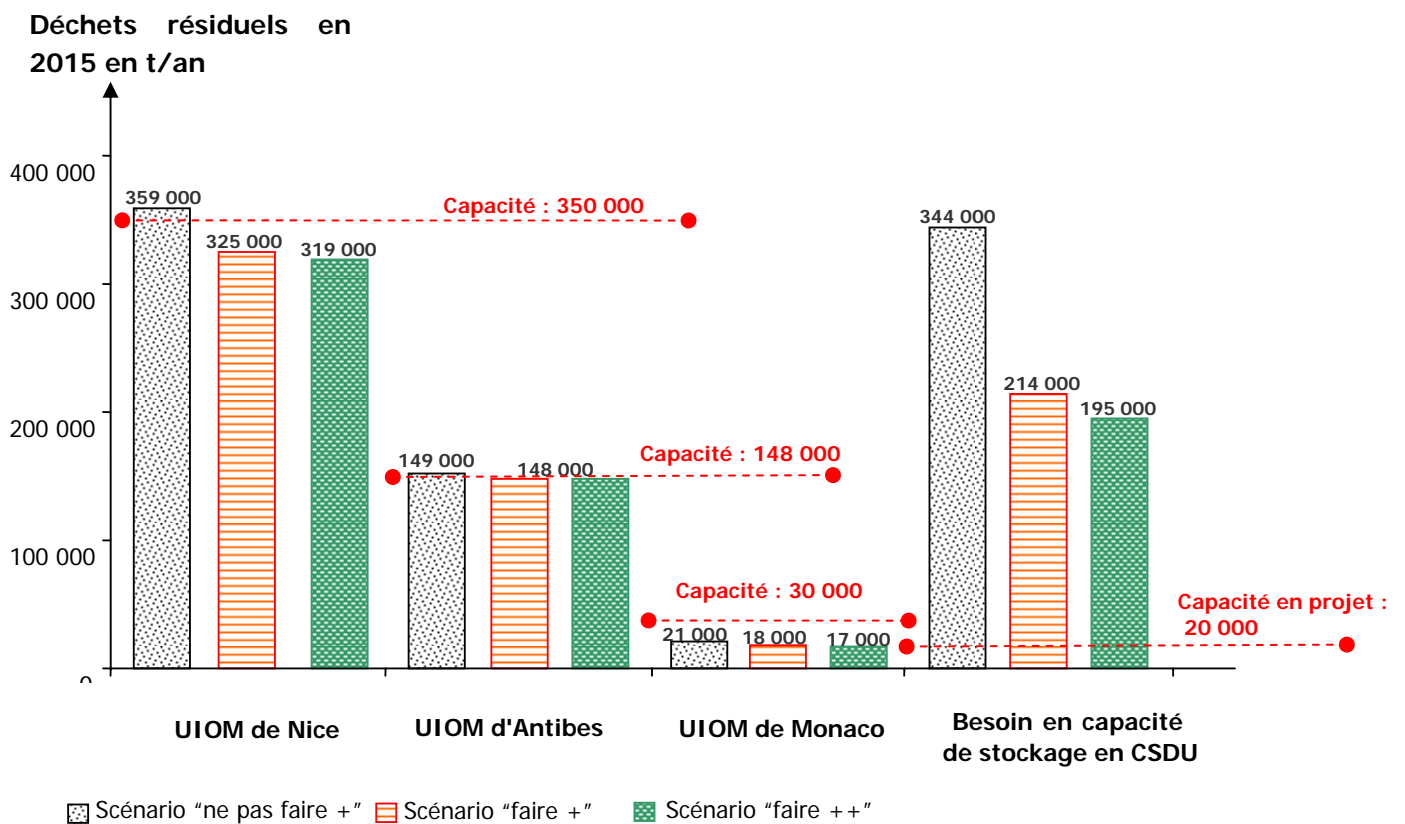
Le graphe page suivante présente de façon synthétique les quantités annuelles de déchets à incinérer et à stocker en CSDU, pour les trois scénarios étudiés.

Le graphe fait ressortir clairement :

- la saturation de l'UIOM de la CANCA, pour le scénario « ne pas faire + » et en revanche des disponibilités à la hauteur des disponibilités actuelles (20 000 à 30 000 t/an) pour les deux scénarios « volontaristes »,
- la saturation de l'UIOM du SIDOM pour les trois scénarios,
- des disponibilités d'environ 10 000 à 15 000 t/an sur l'UIOM de Monaco, pour les trois scénarios,
- un déficit de 180 000 à 200 000 t/an de capacité de stockage en CSDU pour les deux scénarios « volontaristes », qui atteindrait 325 000 t/an pour le scénario « ne pas faire + ».

On situe donc immédiatement les deux priorités pour le département :

- *disposer d'une capacité nouvelle de stockage de l'ordre de 200 000 t/an,*
- *mettre en place sur l'ensemble des EPCI de collecte et dans les entreprises une démarche volontariste de diminution de la production de déchets, à défaut de quoi, la capacité de stockage supplémentaire à créer serait de l'ordre de 130 000 à 150 000 t/an.*



Si l'on regarde de plus près les catégories de déchets susceptibles d'être traitées dans les UIOM du département, on observe :

- **pour la CANCA** : pas de restriction d'apports pour toutes les catégories de déchets admises actuellement, à hauteur des tonnages traités en 2005 pour les familles de déchets autres que les ordures ménagères résiduelles,
- **pour le SIDOM d'Antibes** : avec le scénario « ne pas faire + », l'UIOM est pratiquement saturée uniquement avec des ordures ménagères résiduelles, sans possibilité de traiter d'autres déchets. Cette possibilité est offerte pour les deux scénarios « volontaristes », à hauteur de 27 000 à 30 000 t/an, soit pour des encombrants broyés et des DIB, soit pour des refus combustibles du futur CVO du SIVADES,
- **pour l'UIOM de Monaco** : les scénarios « volontaristes » offrent la possibilité d'incinérer la totalité des refus de la future usine de compostage-stabilisation des ordures ménagères, alors qu'avec le scénario « ne pas faire + », une partie des ordures ménagères serait stockée en CSDU (situation actuelle).

Perspectives 2015 pour l'incinération et le stockage en CSDU

	Nature des déchets incinérés	Situation en 2005 (tonne)	Perspective 2015 (tonne)			Capacité "pratique" des UIOM (tonne/an)
			scénario "faire ++"	scénario "faire +"	scénario "ne pas faire +"	
Nice (CANCA)	OM résiduelles CANCA	223 200	191 300	201 800	244 000	350 000
	OM résiduelles autres EPCI et communes	20 700	7 900	8 500	17 800	
	Déchets verts	1 300	0	0	0	
	Refus de tri	1 700	5 500	5 500	3 700	
	Services municipaux	15 500	17 200	17 200	17 200	
	Broyat encombrants	30 200	35 000	30 000	30 000	
	DIB	15 200	27 000	27 000	15 000	
	DASRI	4 200	5 000	5 000	5 000	
	Boues séchées	23 900	30 000	30 000	25 000	
	TOTAL	335 900	318 900	325 000	357 700	
	Capacité disponible	14 100	31 100	25 000	-7 700	
Antibes (SIDOM)	OM résiduelles SIDOM	123 200	116 300	122 600	147 800	148 000
	Refus de tri		1 600	1 600	1 100	
	OM résiduelles SIVADES	6 700	0	0	0	
	Broyat encombrants		15 000	12 000	0	
	DIB		15 000	12 000	0	
	TOTAL	129 900	147 900	148 200	148 900	
	Capacité disponible	0	100	-200	-900	
Monaco	OM résiduelles CARF		14 100	15 000	18 200	30 000 (pour les Alpes-Maritimes)
	DIB		3 000	3 000	3 000	
	TOTAL	0	17 100	18 000	21 200	
	Capacité disponible	0	12 900	12 000	8 800	
Valberg (*)	TOTAL		1 200	1 200	1 500	2 000
Besoin en capacité de stockage (hors mâchefers d'UIOM)			195 000	215 000	345 000	
Capacité de stockage en projet (Massoins)			20 000	20 000	20 000	
Capacité nouvelle de stockage à créer (hors mâchefers d'UIOM)			175 000	195 000	325 000	

* Devenir des déchets suspendu à la remise en service de l'usinbouchés pour le recyclage et la valorisation

4.5 DEBOUCHES POUR LES RECYCLABLES SECS

A l'heure actuelle, les matériaux issus des collectes sélectives et des collectes d'encombrants et de déchets de chantiers sont triés sur les 4 centres suivants :

- Valco à Cannes (emballages + vieux papiers),
- Véolia Propreté à Villeneuve Loubet (vieux papiers),
- EMCO à Carros (vieux papiers),
- SITA Sud à Nice (encombrants et déchets de chantiers).

Les capacités actuelles de tri des recyclables sont suffisantes, avec le tri de 18 000 t en 2005 chez Valco, pour une capacité autorisée de 28 000 t/an. En revanche, les scénarios « volontaristes » prévoient une augmentation sensible des performances des collectes sélectives, avec un tonnage prévisionnel d'emballages à trier de l'ordre de 30 000 t/an (hors journaux-magazines). Dans cette perspective, deux alternatives sont envisageables :

- porter la capacité du centre de tri de Cannes de 28 000 t/an à environ 40 000 t/an,
- créer un nouveau centre de tri proche des principales zones de production, sur ou à proximité de la CANCA (12 000 à 15 000 t/an).

Le principal avantage de la première solution réside dans l'optimisation de moyens existants, alors que la seconde solution réduirait les transports de matériaux volumineux (très faible densité des emballages).

4.6 DEBOUCHES POUR LES DECHETS VERTS

A l'horizon 2015, si des mesures efficaces d'incitation à la limitation de la production de déchets verts sont mises en place, il est possible de stabiliser au niveau actuel ces flux (40 kg/hab.an en déchèterie). En comptant environ 20 000 t/an de déchets verts provenant des entreprises, les tonnages prévisionnels seront de l'ordre de 65 000 à 70 000 t/an en 2015, alors que la capacité de traitement en 2007 est de l'ordre de 15 000 t/an, soit à terme un déficit de plus de 50 000 t/an sans installation nouvelle.

En revanche, les projets des trois Centres de Valorisation Organique (CVO) du SIVADES, de la CARF et du SMED apporteront une réponse satisfaisante, car décentralisée, sur le territoire, sauf pour la CANCA, où il serait pertinent de disposer d'une plate-forme si les disponibilités foncières le permettent.

4.7 DEBOUCHES POUR LE COMPOST

La question se pose essentiellement pour les composts de déchets issus du traitement des ordures ménagères, en projet pour le SMED, le SIVADES et la CARF.

Les tonnages prévisionnels de compost issus du traitement des ordures ménagères sont évalués à :

- SIVADES : 30 000 t/an,
- CARF : 15 000 t/an,
- SMED : 8 000 t/an,

auxquels il convient d'ajouter à terme environ 30 000 t de compost provenant du compostage de déchets verts, soit au total 80 000 à 85 000 t/an de compost à écouler (hors compost de boues de station d'épuration).

L'étude réalisée en 2005 par Biomasse Normandie pour le SIVADES a fait ressortir les points suivants :

a) Pour les débouchés agricoles

Les débouchés potentiels en agriculture sont faibles, ils sont estimés à près de 11 000 t/an dans les Alpes-Maritimes. L'essentiel des débouchés sont la culture maraîchère et la floriculture. Les autres cultures occupent peu de surface et sont souvent situées en zone escarpée, rendant les apports difficiles. Les débouchés agricoles potentiels dans le Var sont beaucoup plus importants, estimés à plus de 150 000 t/an, avec un écoulement probable estimé à 39 000 t/an par Biomasse Normandie. De plus, la production de compost dans le Var est faible (9 100 t/an). Il est peu probable d'exporter des composts en dehors du Var ; les coûts de transport et la concurrence des plates-formes locales pénaliseraient très fortement les composts des Alpes-Maritimes.

b) Pour les débouchés non agricoles

Les débouchés non agricoles sont évalués à 53 000 tonnes par an. Leur développement dépend étroitement de la volonté politique locale et des donneurs d'ordre public qui peuvent encourager l'usage de compost d'origine urbaine dans l'ensemble des travaux d'aménagement urbains. Cependant, un problème de garantie se présente, notamment pour les professionnels.

En conclusion, d'après l'étude de Biomasse Normandie, il apparaît que si les besoins évalués excèdent la production prévisionnelle de compost à l'échelle du département, il n'existe actuellement aucune structure qui permette de garantir durablement l'écoulement des produits. En matière d'organisation de la filière, trois solutions peuvent être imaginées :

- **une organisation sous la responsabilité de l'exploitant de la future plate-forme,**
- **une organisation locale,** s'appuyant sur un partenariat avec un groupe d'agriculteurs ou une coopérative pour les débouchés agricoles (voire non agricole), associé à une vente directe, en vrac, éventuellement en sac, dans des points de vente agricole (Point Vert par exemple),
- **une organisation départementale ou régionale,** qui nécessite la création d'une entité neutre et indépendante de l'exploitation dont les missions seraient :
 - ✓ de rechercher des débouchés pour les composts d'origine urbaine en devenant une réelle interface entre les producteurs et les utilisateurs,
 - ✓ de se charger de la **logistique des livraisons.** Cette fonction serait particulièrement importante pour l'utilisation de composts en réhabilitation de décharge ou travaux routiers, qui correspondent à des besoins massifs mais très localisés dans le temps,
 - ✓ d'assurer éventuellement **le conditionnement des produits** (par exemple, le mélange terre/compost ou l'enrichissement en éléments fertilisants, mise en sacs),

- ✓ de **contrôler la qualité des composts** sur les différentes plates-formes afin de garantir aux utilisateurs un produit irréprochable en réalisant régulièrement des analyses physico-chimiques moyennes,
- ✓ de faire **la promotion de l'utilisation des amendements à base de biodéchets**, notamment auprès des services techniques municipaux et des professionnels (paysagistes, structures agricoles, organismes de réhabilitation des carrières ou des décharges, ...). Elle pourrait dans ce cadre organiser des essais, journées techniques d'information, ...
- ✓ **d'assurer aussi un rôle commercial**, le fonctionnement de la structure étant couvert par un prélèvement sur le prix de vente du produit final (de l'ordre de 1 à 2 € HT/t).

Cet organisme, qui pourrait prendre la forme juridique d'une association (à laquelle adhèrent les producteurs de compost intéressés ainsi que certaines collectivités territoriales telles que la Région ou les Départements), d'un GIE ou d'une société privée, constituerait aussi un moyen de promotion des amendements organiques à base de biodéchets ou de boues d'épuration, notamment auprès des services techniques municipaux et des professionnels du paysage.

4.8 DEBOUCHES POUR LES MACHEFERS D'INCINERATION

Il n'existe pas de plate-forme de maturation de mâchefers dans les Alpes-Maritimes, alors qu'ils sont classés comme valorisables selon la circulaire du 9 mai 1994. En 2005, ils étaient enfouis à l'extérieur du département :

- au CSDU à Bagnols en Forêt (83) pour le SIDOM,
- aux CSDU de Villeneuve Loubet, Cannel des Maures et Orange pour la CANCA,
- au CSDU du Cannel des Maures pour Monaco.

La topographie des Alpes-Maritimes n'est pas favorable à l'utilisation de mâchefers en sous-couche routière, car le réseau routier dans la plupart des vallées est parallèle et proche du lit des cours d'eau.

Néanmoins, en dehors des techniques routières, ils peuvent être utilisés comme remblai, pour le réaménagement de sites, comme merlons phoniques, ...

Le retour d'expériences et la vérification expérimentale sur 15 chantiers pendant 10 ans confèrent aux mâchefers maturés un statut de « produit de construction ».

C'est pourquoi, il serait pertinent d'engager une étude spécifique relative à l'utilisation locale des mâchefers d'incinération, en intégrant les spécificités des Alpes-Maritimes et en identifiant les freins et opportunités pour structurer cette filière, conformément aux objectifs du Plan.

Rappelons par ailleurs que l'AP du 14 avril 2003 autorise le stockage de mâchefers valorisables après pilote sur deux casiers de 3 250 m² (sur une hauteur de 30 m), dans le cadre du réaménagement de la carrière de Gourdon.

4.9 DEBOUCHES POUR L'ENERGIE

Les UIOM de Nice et Monaco valorisent leur électricité sous forme d'électricité et de chaleur, ce qui est optimal pour ces deux unités.

Dans le cadre de la récente contractualisation, sous forme de Partenariat Public-Privé (PPP) entre le SIDOM et Véolia Propreté jusqu'en 2026, la capacité contractuelle pour l'UIOM d'Antibes est de 148 000 t/an avec un PCI de 2 200 kcal/kg.

L'exploitant s'est engagé à mettre en place une valorisation énergétique sous forme d'électricité (puissance de 10 MW), à défaut de débouchés proches pour valoriser la chaleur.

4.10 DEBOUCHES POUR LES INERTES

Le PEDMA des Alpes-Maritimes s'intéresse uniquement aux inertes de la responsabilité des communes et des EPCI, collectés en déchèteries, soit 49 200 t en 2005, à mettre en relief avec le gisement total d'inertes des entreprises du BTP estimé à 1 200 000 t dans le schéma de gestion des déchets du BTP des Alpes-Maritimes (Préfecture des Alpes-Maritimes 2004).

L'approche des besoins pour les collectivités (déchèterie) est très faible au regard des enjeux pour l'ensemble du secteur du BTP.

Les destinations actuelles recensées dans les Alpes-Maritimes sont présentées ci-dessous :

- carrière de Gourdron (150 000 m³),
- centre de recyclage de Cloteirol (Villeneuve Loubet) exploité par l'entreprise SEC,
- vallon des Tenchurades,
- centre de tri et de valorisation de l'Ariane à Nice, exploité par SITA Sud (100 000 t/an),
- centre de Gilette, exploité par le syndicat des Ballastiers (capacité résiduelle d'accueil de 237 000 m³ en février 2007),
- carrière Mul à Pégomas,
- 5 centres de stockage à Clans (CC de La Tinée), Puget – Théniers (CCVA), Isola (CCSM), Malamaire (SYMAEC) et Saint Martin de Vésubie (SI de la Vésubie).

A cela s'ajoutent des flux mal identifiés, mais qui représentent de gros tonnages (plusieurs centaines de milliers de tonnes), exportés notamment vers l'Italie.

Les principales difficultés résident dans la proximité des exutoires pour les déchets inertes et l'insuffisance des capacités de recyclage des inertes (en dehors des centres de l'entreprise SEC à Cloteirol, de SITA à Nice (l'Ariane)...

Nota bene : aucun centre de stockage d'inertes n'est autorisé pour recevoir de l'amiante-ciment, de telle sorte qu'il n'existe aucun exutoire pour ce matériau dans les Alpes-Maritimes.

5 LES TRANSPORTS ET L'IMPACT SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT

5.1 LES REFLEXIONS DES COLLECTIVITES POUR OPTIMISER LES TRANSPORTS DE DECHETS

Réflexions et projets des collectivités en matière de transport des déchets

EPCI ou commune	Transport alternatif	Véhicules propres	Optimisation des transports
CANCA	Réflexion sur la collecte pneumatique dans certains quartiers Réflexion sur la collecte en tramway (nuit)		
SIVADES		La certification ISO 14 001 intégrera les véhicules propres	Projet de Roll-Packer sur les caissons de déchèteries
CASA			Réflexion liée à la diminution de la fréquence de collecte
Cannes		Réflexion sur le GNV pour les BOM	
CAPAP		Sera intégré dans le prochain appel d'offres de collecte	
Le Cannet			Optimisation de la collecte à faire

Un des principaux enjeux d'optimisation des transports consistera à diminuer la fréquence de collecte des ordures ménagères.

5.2 LES PERSPECTIVES DE TRANSPORTS ALTERNATIFS POUR LES DECHETS

Ces modes de transport ne sont pas utilisés pour des déchets des Alpes-Maritimes, à l'exception de l'initiative très intéressante de la Sté Valécobois, qui transfère 11 000 t/an de vieux bois regroupés à la gare S^t Roch et expédiés en Italie (soit 500 gros porteurs de moins sur la route !).

A partir des réflexions menées par les collectivités des Alpes-Maritimes, les perspectives de transport alternatif restent limitées sur le département, mais sont envisageables après regroupement, notamment pour les inertes (Italie, ...), le bois (Italie, Marseille, ...), les déchets résiduels à stocker en CSDU à défaut de nouveau centre dans les Alpes-Maritimes et sur des opérations ponctuelles pour les mâchefers.



5.3 IMPACTS DES TRANSPORTS

Le transport routier des déchets a un triple impact : émissions de NO_x, CO, COV, particules, SO₂, CO₂, donc impact sur les gaz à effet de serre et sur la santé d'une part, et impact sur les coûts d'autre part.

Dans la mesure où les possibilités de transport alternatif à la route sont réduites dans les Alpes-Maritimes, l'accent doit être porté sur la limitation des exportations de déchets, et notamment en cas d'insuffisance de capacité de stockage dans le département.

A partir de 2011, si le département ne dispose pas d'un ou plusieurs CSDU capables de répondre aux besoins du département, les quantités annuelles exportées seront entre 200 000 t/an (scénarios volontaristes) et 340 000 t/an (scénario « ne pas faire + »).

Les émissions seront proportionnelles à l'éloignement des centres de stockage. A titre d'exemple réaliste, on a comparé dans le tableau ci-dessous les émissions provoquées par le traitement par incinération et par enfouissement sur place d'une part, et l'enfouissement après transport sur une distance de 200 km par la route ou par le train d'autre part.

Emissions provoquées par le transport routier (et ferroviaire) sur 200 km + stockage en CSDU de 200 000 t de déchets ou l'incinération de 200 000 t d'ordures ménagères

Paramètres	Emissions provoquées par 200 000 t incinérées		Emissions provoquées par 200 000 tonnes stockées en CSDU	Emissions provoquées par 200 000 tonnes transportées par la route sur 200 km et stockées en CSDU	Emissions provoquées par 200 000 tonnes transportées par train sur 200 km et stockées en CSDU
	Emissions par m ³ de fumée ou t de déchet	Emissions totales (t)			
Nox	60 mg/m ³	72		112	4
CO	10 mg/m ³	32		48	2
COV	4 mg/m ³	5		16	1
Particules	5 mg/m ³	6		8	
SO ₂	49 mg/m ³	59		10	
CO ₂	300 kg/tonne	60 000	90 000	98 000	90 319
REFIOM	40 kg/tonne	8 000		0	0
Mâchefers	250 kg/tonne	50 000		0	0

En « gras », ressortent les postes pour lesquels les émissions dues au transport+stockage en CSDU sont supérieures à celles de l'incinération.

Il apparaît clairement que le transport ferroviaire génère beaucoup moins d'émissions, mais qu'il est préférable d'incinérer les déchets sur place plutôt que de les transporter sur 200 km pour les stocker en CSDU en terme d'émissions de NO_x, CO, COV, particules et CO₂.

L'impact du transport routier sur les émissions polluantes, donc la santé, est déterminant pour les choix à venir dans les Alpes-Maritimes : incinération, stockage sur place ou exportation ?

PARTIE B : ETAT DE L'ART DES MEILLEURES PRATIQUES DE TRAITEMENT DES ORDURES MENAGERES RESIDUELLES

L'objectif de ce document est de dresser un panorama des techniques de traitement, en faisant ressortir le degré de développement industriel, le niveau de fiabilité, l'impact environnemental et les coûts moyens rapportés à la tonne traitée (coût global incluant les coûts de traitement des sous produits) et de poser les bases de réflexion pour les choix qui devront être opérés à très court terme dans le département des Alpes-Maritimes, compte tenu du déficit de capacités de traitement.

L'accent a été mis sur les ordures ménagères résiduelles, mais aussi sur le traitement de la fraction organique des déchets ménagers et assimilés et sur la fraction combustible des encombrants.

Rappelons que les objectifs du traitement des déchets sont doubles :

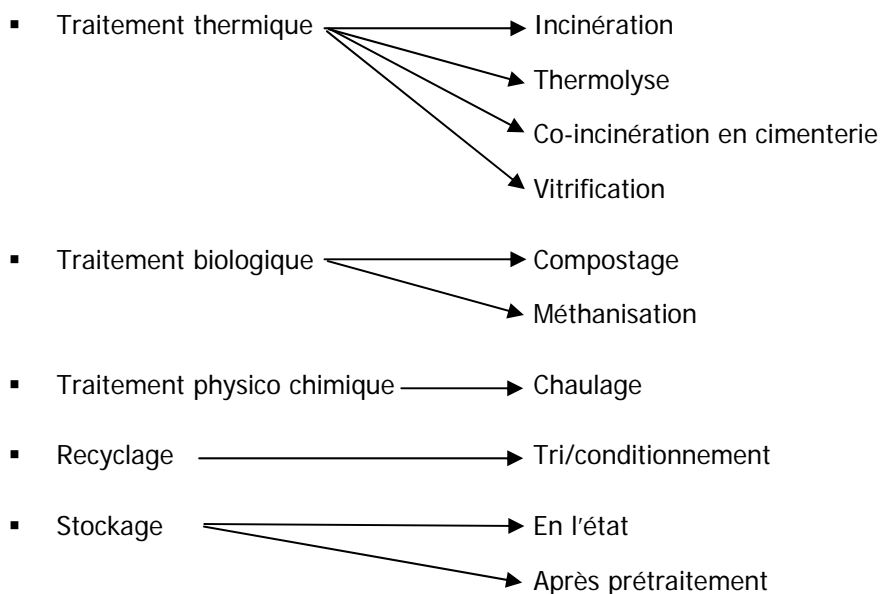
- réduire le volume et le tonnage de déchets à stocker en Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND),
- réduire les nuisances potentielles des déchets (gaz, lixiviats, odeurs, ...) pour respecter la réglementation, la santé humaine et le milieu naturel.

Les déchets résiduels (en mélange) des collectivités sont constitués de quatre fractions, plus ou moins faciles à séparer, susceptibles de suivre 4 voies différentes :

- fraction combustible : traitement thermique,
- fraction organique : traitement biologique,
- fraction recyclable : recyclage,
- fraction résiduelle peu évolutive : stockage en ISDND.

Ces déchets résiduels sont ceux qui restent après mise en œuvre des différents programmes de réduction à la source et de collecte sélective.

Chaque filière dispose de ses propres techniques mais on a tendance à se focaliser sur celles prépondérantes :



Aucune filière ainsi décrite, considérée individuellement, ne se suffit à elle-même : les autres interviennent à différentes étapes du processus envisagé.

Par exemple le tri génère des refus, qu'il faudra éliminer, par exemple par stockage ou par traitement thermique.

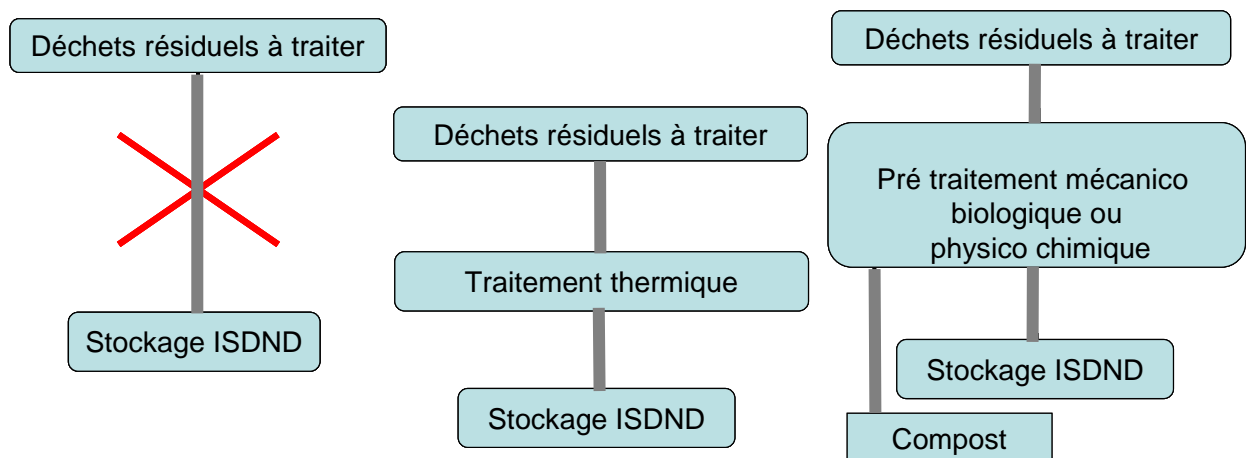
Il en est de même pour le compostage ou la méthanisation.

De la même manière, le traitement thermique génère des sous-produits dont certains pourront être recyclés ou valorisés sous forme de matière et d'autres devront être stockés.

Le processus de traitement sera de plus en plus systématiquement une combinaison de plusieurs filières.

Néanmoins, les marges de manœuvres des collectivités sont réduites. Le choix « ultime » pour les déchets non valorisables sous forme de matière ou de compost, se résume à deux grandes orientations, après un éventuel pré-traitement :

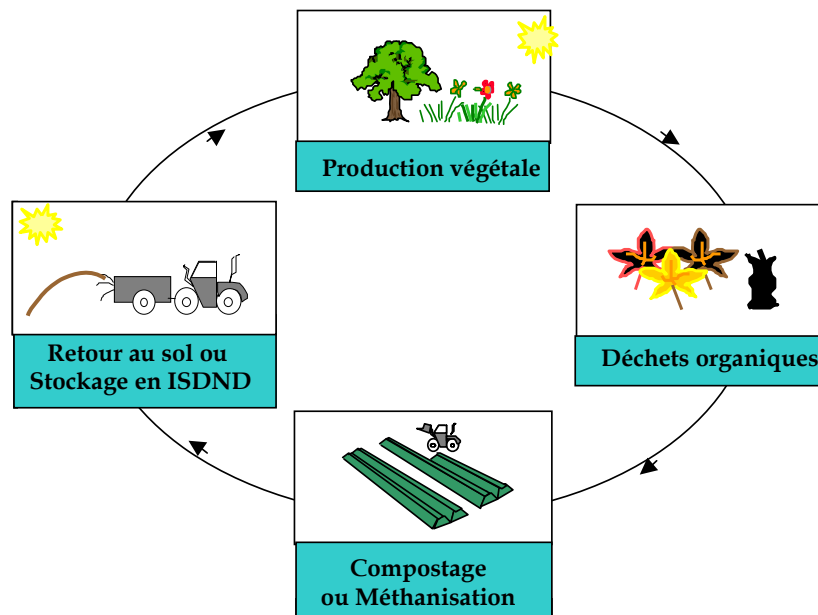
- le traitement thermique (qui génère lui-même des sous produits à stocker en ISD Dangereux, comme les REFIOM, et les mâchefers à stocker en ISDND ou valorisables en sous couches routières),
- le stockage en ISDND après un pré traitement biologique ou physico chimique.



1 LE TRAITEMENT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE CONTENUE DANS LES ORDURES MÉNAGÈRES RÉSIDUELLES

1.1 PRINCIPES ET OBJECTIFS DES TRAITEMENTS BIOLOGIQUES

Le traitement biologique des déchets reconstruit artificiellement les principales phases du cycle du carbone sur un espace restreint :



- Le compostage est une « attaque » de la matière organique par des organismes vivants : c'est une bio-oxydation (besoin d'oxygène).

Le compostage comporte deux phases :

- ✓ La fermentation thermophile :

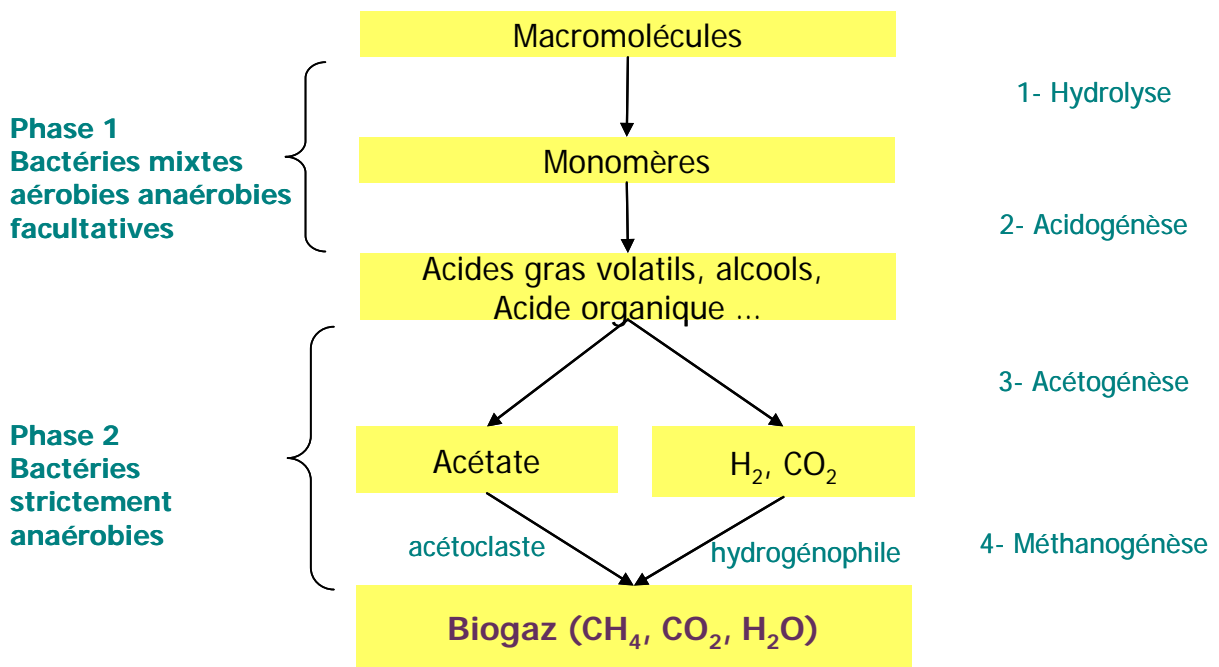
La fermentation active dite « thermophile », est une phase de dégradation de la matière organique, avec prolifération de micro-organismes (bactéries dominantes) s'attaquant à la fraction organique facilement dégradable (sucres, protéines, acides gras, hémicellulose) ;

Progressivement, les micro-organismes s'attaquent aux matières plus difficiles à dégrader ;

- ✓ La maturation mésophile :

La maturation, dite « mésophile », est essentiellement une phase de recombinaison de la matière organique sous l'action des micro-organismes (champignons dominants). Elle aboutit à la formation de matières organiques stabilisées, pré-humifiées et humifiées.

- La méthanisation est un procédé de traitement de la matière organique anaérobie (sans présence d'air). Il s'agit d'une digestion des hydrates de carbone par des bactéries naturelles, qui se déroule en plusieurs étapes.



Cette réaction a lieu soit naturellement dans l'ISDND, soit de manière intensive et contrôlée dans une usine.

La méthanisation contrôlée en usine conduit à la formation :

- de biogaz constitué de méthane et de gaz carbonique ; le méthane obtenu est une énergie renouvelable, utilisable sous forme de chaleur, d'électricité ou de carburant ;
- d'un affinat ou digestat, comparable au compost ;
- de résidus liquides traités en station d'épuration.

1.2 LES TRAITEMENTS MECANO BIOLOGIQUE : GENERALITES

Le traitement mécanique amont permet :

- d'extraire les déchets toxiques et dangereux,
- de séparer les ferrailles et éventuellement d'autres déchets valorisables,
- de séparer éventuellement la fraction grossière combustible.

La stabilisation de la fraction organique en aval peut se faire par :

- compostage (stabilisation aérobie),
- méthanisation (stabilisation anaérobie),
- chaulage (stabilisation physico-chimique).

1.2.1 OBJECTIFS DU PRE-TRAITEMENT MECANO BIOLOGIQUE

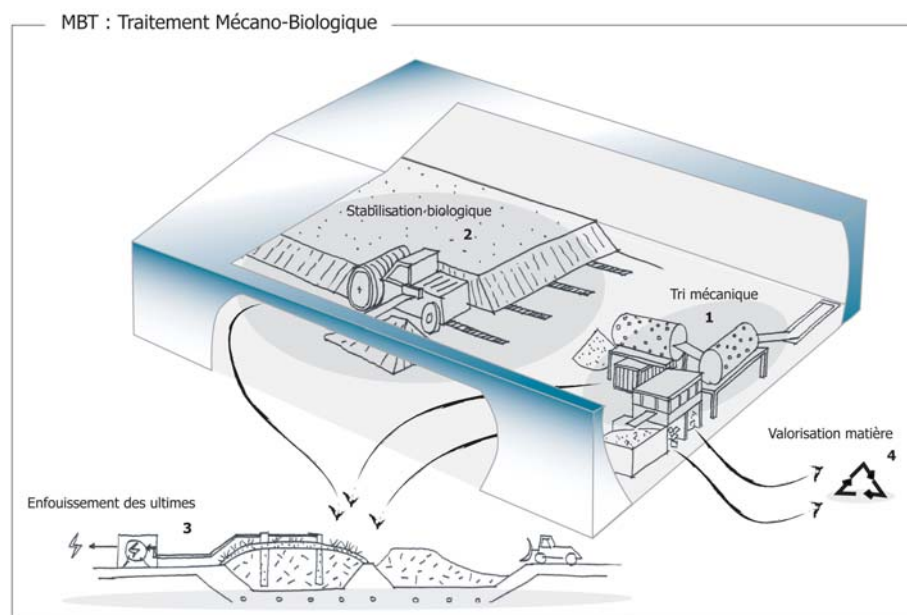
Le pré-traitement mécano biologique a trois objectifs principaux :

- stabiliser les déchets organiques humides, sources de nuisances (biogaz, lixiviats, ...) des déchets résiduels avant enfouissement :
 - ✓ diminution de la teneur en matière organique des déchets à stocker en ISDND (en vue du respect de l'esprit de la Directive Européenne du 26 avril 1999),
 - ✓ réduction du poids, du volume et de la toxicité des déchets, avant stockage ou incinération,
 - ✓ diminution des impacts environnementaux de l'enfouissement (gaz à effet de serre, lixiviats) ;
- développer la récupération de la fraction valorisable :
 - ✓ valorisation matière (métaux, gros cartons, ...),
 - ✓ incinération plus performante,
 - ✓ valorisation d'une part de l'énergie sous forme de biogaz (si méthanisation) ;
- restituer au sol des matières organiques, si les professionnels de l'agriculture et du paysage en ont besoin.

Le pré-traitement mécanique/biologique des ordures ménagères en amont de l'enfouissement et/ou de l'incinération permet d'anticiper la dégradation biologique des déchets et ce dans un process contrôlé. Les conséquences sur l'ISDND sont :

- la réduction de la production de biogaz de 80 à 90%,
- la réduction de la charge organique des lixiviats de 80 à 90%,
- la prévention des tassements par amélioration du compactage (densité de 1,2 à 1,4 t/m³),
- le gain de volume pour l'enfouissement de l'ordre de 25 à 40 % selon les procédés, (voire 50 à 60 % s'il existe une valorisation énergétique de la fraction combustible), donc la diminution du trafic routier pour l'accès en ISDND.

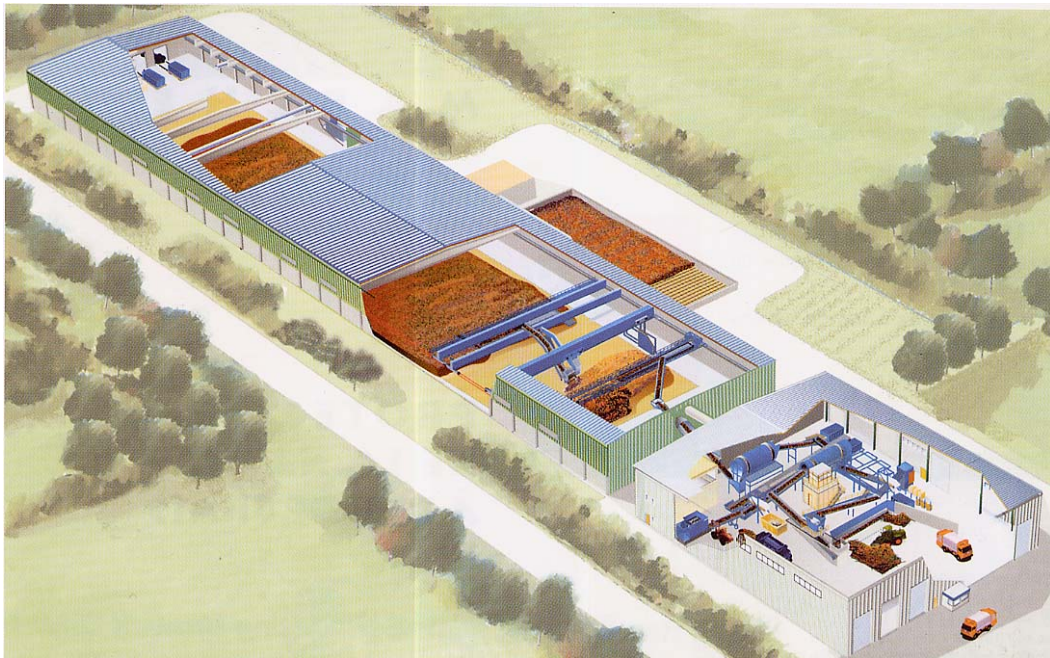
1.2.2 LES ETAPES DE LA STABILISATION MECANO BIOLOGIQUE



Le pré traitement mécano biologique compte 4 phases distinctes :

- le tri mécanique qui vise à séparer les déchets organiques des autres déchets (inertes lourds, fraction grossière combustible, fraction recyclable),
- la stabilisation de la matière organique par compostage ou méthanisation ou par un traitement physico-chimique (chaulage),
- l'enfouissement des déchets stabilisés en ISDND,
- le recyclage des matières séparées au cours du tri mécanique et éventuellement la valorisation énergétique de la fraction combustible.

Exemple d'installation fermée



Afin de donner une nouvelle image de la gestion des déchets, les unités de traitement mécano biologique sont de préférence confinées, avec un traitement des odeurs.

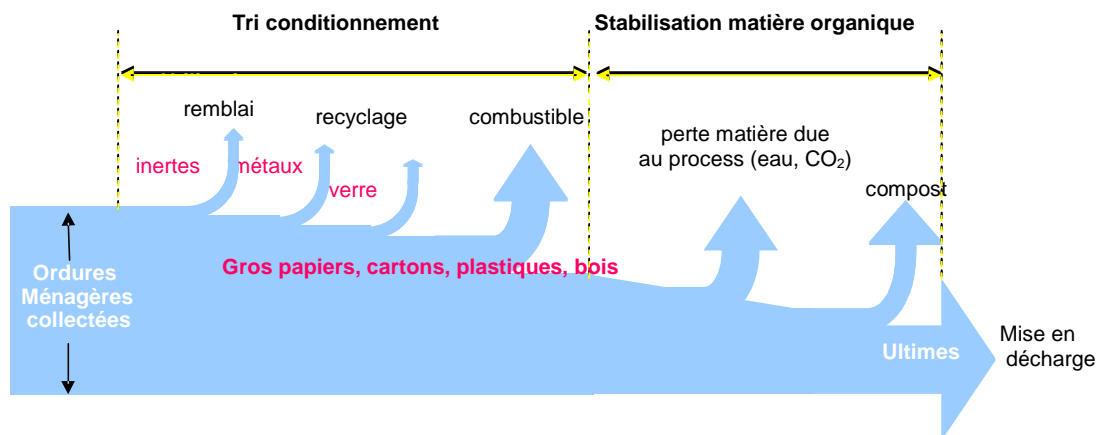
Elles sont implantées soit sur le site de l'ISDND (si possible), soit sur un site séparé, ce qui génère des surcoûts liés à la rupture de charge.

Les unités confinées doivent être conçues pour résister à une ambiance corrosive (matériaux de construction adaptés, équipements électriques et électroniques adaptés, automatisation des transferts de déchets...).



Charpente en béton adaptée à une ambiance corrosive

1.2.3 BILAN MATIERE DE LA STABILISATION MECANO BIOLOGIQUE



Le bilan massique du traitement mécano biologique varie fortement selon les possibilités (ou non) de valorisation :

- de l'énergie contenue dans la fraction grossière des déchets (qui peut représenter 15 à 25 % du flux total des déchets) par combustion (incinération en UIOM ou co-incinération en cimenterie),
- de la matière organique (compost et énergie sous forme de biogaz),
- des matières (métaux, grands cartons...).

Les quantités stockées en ISDND varient entre 40 et 75 % des tonnages entrant dans le centre de traitement.

1.2.4 IMPACTS SUR LES FILIERES « AVAL » DE TRAITEMENT

- Augmentation de la durée de vie de l'ISDND :
 - ✓ gain de 20 à 50 % selon les filières aval (matériaux recyclés, compost, combustibles) ;
- Teneur en matière organique des déchets stockés compatible avec la Directive Européenne du 26/04/1999 : au maximum 35% des tonnages de fermentescibles envoyés en CSDU en 1995 pourront être envoyés en CSDU en 2016 (Article 5) ;
- Meilleure acceptation par les usagers :
 - ✓ fermentation amont maîtrisée ;
 - ✓ produit résultant stable et pratiquement inodore ;
- Facilité de gestion de l'ISDND :
 - ✓ moins d'odeurs, de biogaz (90-95%) et de charge organique des lixiviats ;
 - ✓ moins de phénomènes de tassement différentiel en ISDND ;

- Amélioration de l'incinération de la fraction combustible :
 - ✓ moindres quantités de mâchefers ;
 - ✓ PCI plus élevé et constant donc moins d'imbrûlés et meilleure combustion ;
 - ✓ séparation de déchets dangereux en amont (batteries, ...).

1.2.5 DECHETS TRAITES ET TECHNIQUES

- Déchets traités :
 - ✓ ceux contenant une part biodégradable importante (déchets organiques, papiers, bois, etc.) ;
 - ✓ on ne retient pas forcément les DIB et les encombrants non valorisables en déchèterie, qui sont enfouis directement ;
 - ✓ les boues de STEP peuvent également être concernées par ce concept (exemple Mende - 48) ;
- Matériels disponibles sur le marché :
 - ✓ ceux qui s'apparentent au compostage ou méthanisation sur OM brutes ;
- Plage de fonctionnement :
 - ✓ très large ;
 - ✓ l'équilibre financier dépend de l'existence préalable ou non d'une ISDND ;
 - ✓ minimum aux alentours de 30 000 à 40 000 t/an ;
 - ✓ seuil de « rentabilité » vers 40 000 t/an pour maîtriser toutes les nuisances (biofiltre, ...) ;
- Sous-produits :
 - ✓ un compost ou un digestat stable, que l'on peut enfouir en ISDND ;
 - ✓ des refus de criblage à enfouir également ou à incinérer ;
 - ✓ du biogaz, dans le cas du procédé de méthanisation ;
 - ✓ les eaux excédentaires de la méthanisation ne peuvent être rejetées directement dans le milieu naturel ;
- Matériels disponibles sur le marché :

La technologie et les outils existent depuis plusieurs dizaines d'années, puisqu'ils s'apparentent au compostage et à la méthanisation sur les ordures ménagères brutes, à la différence qu'on ne cherche pas toujours à valoriser le produit final comme amendement organique, et que le processus de tri n'a pas forcément besoin d'être aussi poussé, sauf pour extraire les éléments toxiques.

Le traitement physico-chimique des ordures ménagères résiduelles est beaucoup plus récent et encore au stade de développement industriel (§ 1.6).

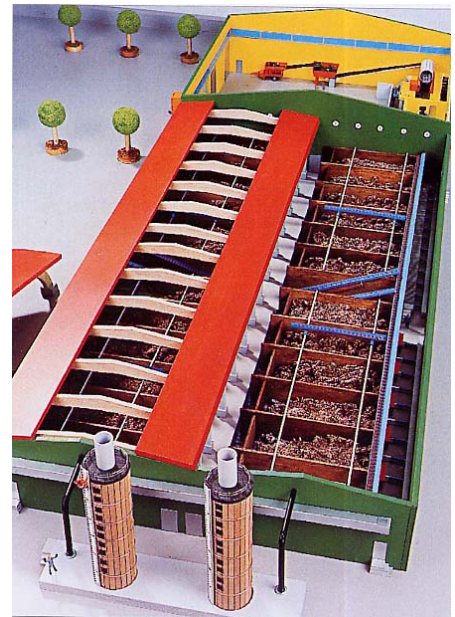
1.3 LA STABILISATION AEROBIE (AVEC OU SANS VALORISATION DU COMPOST)

1.3.1 LES PRINCIPAUX FOURNISSEURS SUR LE MARCHE FRANÇAIS

La liste ci-dessous n'est pas exhaustive.

- ECOSILO de Vinci Environnement
- LINDE KCA BRV
- THONI avec ECOSOLVE
- HERHOF
- BIOMAX de VALCO
- COMPOREC

Stabilisation en tunnel



1.3.2 LES INSTALLATIONS DE STABILISATION AEROBIE EN FONCTIONNEMENT

- Launay-Lantic (Côte d'Armor)
 - ✓ 20 000 t OMR /an ;
 - ✓ Compostage, production de compost charte CERAFEL ;
- Mende (Lozère)
 - ✓ 20 000 t/an OMR et 3 000 t/an boues ;
 - ✓ Stabilisation aérobie en silos ;
 - ✓ Constructeur : GREENWORLD ;
- Carpentras (Vaucluse)
 - ✓ 30 000 t/an OMR ;
 - ✓ Stabilisation aérobie en silo avec retournement automatique SILODA ;
 - ✓ Constructeur : VINCI Environnement ;
- Sélestat (Bas Rhin)
 - ✓ 35 000 t/an d'OMR ;
 - ✓ pré-fermentation en BRS (tube rotatif lent) ;
 - ✓ fermentation à l'air libre avec retourneur enjambeur ;
 - ✓ écoulement du compost en agriculture ;
 - ✓ projet de confinement de l'usine.



BRS avec piégeage des gaz en sortie

En France, si le concept de la stabilisation mécano-biologique est récent, il bénéficie paradoxalement d'un retour d'expérience très important, avec le parc d'usines de tri-compostage, qui compte environ 65 usines, en service depuis 20 à 30 ans pour la plupart d'entre elles. En effet, le parc français d'usine de compostage d'OM brutes a été important et nombre de ces installations fonctionnent encore, même si à l'époque la finalité était différente.

De par les difficultés à écouler dans la plupart des installations un produit de qualité médiocre et qui véhicule encore aujourd'hui une mauvaise image, certains opérateurs ont été conduits à enfouir le compost produit. On pratique donc de fait une stabilisation avant enfouissement.

1.3.3 LES INSTALLATIONS DE STABILISATION AEROBIE EN PROJET, CONSTRUCTION OU DEMARRAGE

Alors que les pays voisins (Allemagne, Autriche, ...) ont développé ces procédés depuis plus de 10 ans, plusieurs projets français ont été engagés depuis 3 à 4 ans, et sont en phase de recherche de site, de construction ou d'instruction par les services de l'Etat.

❖ Unités en construction ou démarrage

■ Dunkerque

- ✓ 24.000 t/an biodéchets
- ✓ Compostage intensif en boxes
- ✓ Constructeur LINDE

■ Lorient

- ✓ Stabilisation en tunnels avec remplissage automatique
- ✓ 57 000 t/an OMR + 8 000 t/an encombrants
- ✓ 16 000 t/an FFOM pour production de compost
- ✓ Constructeur : LINDE, exploitant filiale Veolia, en cours de démarrage

- **SMITED (Deux Sèvres)**

- ✓ Stabilisation aérobie et production de compost
- ✓ 60 000 t/an OMR
- ✓ Constructeur : VINCI, exploitée en régie

- **Montpellier**

- ✓ Couplage méthanisation/compostage
- ✓ 153 000 t OMR et 39 000 t/an biodéchets
- ✓ Constructeur : VINCI

- ❖ **Unités en cours de demande d'autorisation d'exploiter**

- **SYTRAD (Valence-26)**

- ✓ Compostage en silos avec retournement automatique
- ✓ 3 usines totalisant 150 000 t/an OMR
- ✓ Constructeur : Valorga/Urbaser

- **Gueltas**

- ✓ Compostage de 35 000 t OMR avec boues IAA
- ✓ Constructeur / Exploitant : SITA Ouest
- ✓ DAE en cours, début des travaux début 2008

- **Unités en projet**

- ✓ Calitom (16), unité de Sainte Sévère
- ✓ Vannes
- ✓ Villerupt
- ✓ Pézenas
- ✓ Chézy (Allier)
- ✓ ...Sans oublier le SIVADES, le SMED et la CARF.

1.3.4 AVANTAGES ET CONTRAINTES DE LA STABILISATION AEROBIE

- ❖ **Principaux avantages de la dégradation aérobie**

- Diminution de la teneur en matière biodégradable des Ordures Ménagères Résiduelles, pour respecter les impératifs réglementaires
- Meilleure acceptabilité sociale
- Réduction des tonnages d'ordures ménagères résiduelles par dégradation de la matière organique et valorisation éventuelle du compost en amendement organique (réduction de 25 à 40 % des tonnages entrants)

- Possibilité de maîtrise des impacts sur l'environnement direct (usine relativement compacte pouvant être confinée)
- Hygiénisation par élévation de la température des déchets traités
- Pas d'excédent hydrique en installation couverte
- Nombreux retours d'expériences
- Soutien d'Eco-Emballages
- Adaptés pour des tonnages intermédiaires (minimum de 30 000 à 40 000 t/an)
- Retour au sol éventuel de la matière organique

❖ **Principales contraintes de la dégradation aérobie**

- Pas de valorisation énergétique
- Nécessité de maîtriser la composition des entrants (régularité, ratio C/N/P)
- Importance de la préparation des déchets (criblage, tri, malaxage...), en particulier si valorisation du compost
- Dans une moindre mesure que la méthanisation, maîtrise du process (taux d'oxygène, température, teneur en eau)
- Emprise au sol importante (surtout si valorisation du compost : maturation)
- Coûts élevés pour une valorisation faible et pour un tonnage détourné restreint en l'absence de valorisation du compost
- Engagement fort pour trouver des débouchés pour le compost, dans un climat « frileux »

1.3.5 PROBLEMES RENCONTRES ET PRECONISATIONS AU COURS DE LA STABILISATION AEROBIE

a) En général

- Problème d'odeurs et/ou envol
 - ✓ Prévoir une installation entièrement confinée avec traitement de l'air vicié avant rejet



Triel sur Seine : lavage des gaz + biofiltre

- Interdépendance forte des différentes étapes de traitement
 - ✓ Ménager des ruptures de charge dans la filière, des silos tampons
 - ✓ Prévoir des équipements ajustables (mailles de cribles interchangeable, inclinaison des tables à rebond etc...)
- Porosité insuffisante du mélange provoquant des problèmes d'aération de la masse
 - ✓ Prévoir des retournements réguliers en cours de réaction
 - ✓ Ne pas travailler sur des fractions trop fines en granulométrie
- Démarrage de la réaction de compostage en période froide
 - ✓ Prévoir la possibilité de recirculer de l'air chaud d'un andain en fermentation
- Maîtrise des conditions de fermentation
 - ✓ Prévoir une capacité d'aération largement dimensionnée
 - ✓ Assurer l'homogénéité de la réaction (dimension des réacteurs et diffuseurs d'air)
 - ✓ Se ménager la possibilité de réhumidifier le produit (rampe d'aspersion)
 - ✓ Assurer un suivi et un enregistrement des températures des lots
- Problème de transit des OMR au sein du process (blocage des tapis et démotteurs)
 - ✓ Utiliser des systèmes de manutention simples et rustiques

b) Avec valorisation du compost

- Qualité du compost insuffisante
 - ✓ Prévoir une préparation et un affinage performants (pas de broyage, tri densimétrique efficace, etc...)
 - ✓ Eventuellement prévoir une période de « séchage » avant affinage
 - ✓ Souvent associé à une politique d'écoulement d'un déchet plus que celle d'un produit
- Pollution du compost, donc des sols, par les métaux lourds
 - ✓ Renforcer la collecte des déchets dangereux en amont (piles, ...)
- Débouchés fragiles : des demandes versatiles
 - ✓ Envisager de travailler avec des partenaires techniques reconnus localement
 - ✓ S'engager dans une démarche d'accompagnement et suivi
 - ✓ Diversifier les cibles de repreneurs potentiels
 - ✓ Sortir de la politique de l'écoulement d'un déchet mais entrer dans celle de la production d'un amendement

1.3.6 PERCEPTION ET PERENNITE DE LA STABILISATION AEROBIE DANS LE CONTEXTE DES ALPES-MARITIMES

a) Sans valorisation du compost

- Inscrit dans le Plan en vigueur car s'appuie sur des technologies validées et permet de s'adapter à chaque contexte : les différentes étapes du process peuvent être modulées selon les contraintes locales
- Le choix des techniques doit, dans la mesure du possible, être évolutif pour intégrer des tonnages complémentaires, des ouvertures de débouchés, ...

❖ *Atouts et limites dans le contexte des Alpes-Maritimes*

- Atouts
 - ✓ Retour d'expériences des installations de tri compostage : technologie éprouvée
 - ✓ Procédé potentiellement moins mécanisé que la méthanisation
 - ✓ Pas d'excédent hydrique
 - ✓ Enjeu principal : améliorer les conditions d'enfouissement et l'impact environnemental de l'enfouissement
- Limites
 - ✓ Emprise au sol plus importante que la méthanisation
 - ✓ Coût élevé pour des tonnages restreints
 - ✓ Variations saisonnières peu favorables aux process biologiques

b) Avec valorisation du compost

- Nécessité de mettre en œuvre des solutions techniques pouvant alourdir l'équilibre économique
- Pas de garanties de débouchés pour les composts

1.3.7 ORDRES DE GRANDEUR FINANCIERS POUR UNE UNITE DE STABILISATION AEROBIE DE 60 000 T/AN

a) Sans valorisation du compost

- Hypothèses : dimensionnement pour 60 000 t/an d'OMR, sans production de compost et avec un coût d'enfouissement des ultimes de 100 €/t (transfert compris)
- Investissement
 - ✓ entre 14 et 20 M€
 - ✓ Fortes fluctuations selon :
 - technologies choisies (rustique à très sophistiqué)
 - capacité de traitement

- Coût sans enfouissement

✓ Amortissement :	25 à 40 €/t
✓ Fonctionnement :	13 à 20 €/t
TOTAL :	38 à 60 €/t

- Coût global avec enfouissement (60 à 70 % des tonnages entrants)

TOTAL	100 à 130 €/t entrante
--------------	-------------------------------

b) Avec valorisation du compost

❖ *Éléments économiques du compostage des OMR*

Données issues d'exploitants

Hypothèse : dimensionnement pour 60 000 t/an

- Investissement entre 18 et 30 M€, soit 300 à 700 € / tonne
- Coût sans gestion des refus

✓ Amortissement :	30 à 40 €
✓ Fonctionnement :	20 à 30 €
TOTAL	50 à 70 €/t

Recettes liées à l'écoulement du compost : 0 €/t, voire création de frais pour l'accompagnement, les suivis et éventuelles garanties

- Coût avec gestion des refus (40 à 45 % des tonnages entrants et 100 €/t d'enfouissement)

TOTAL	90 à 115 €/t
-------	--------------

Dans la mesure où des débouchés existent, l'avantage va à la solution avec valorisation du compost, même si les investissements sont plus élevés.

1.4 LA STABILISATION PAR METHANISATION (AVEC OU SANS VALORISATION DU DIGESTAT OU COMPOST)

1.4.1 LES PRINCIPAUX FOURNISSEURS SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS

La liste ci-dessous n'est pas exhaustive.

- VALORGA de VALORGA International
- KOMPOGAS de Vinci Environnement
- LINDE KCA BRV
- BEZNER ISKA U PLUS
- SCHARWING UMWELT
- BIOZIS
- OWS
- ROS ROCA

*Usine de Hille – Allemagne
38 000 t/an (source OWS)*



*Usine de Calais
28 000 t/an (source Valorga/Urbaner)*

1.4.2 LES INSTALLATIONS DE METHANISATION EN FONCTIONNEMENT EN 2006

- **Amiens**
 - ✓ Méthanisation (85 000 t/an)
 - ✓ Constructeur : VALORGA, exploitant IDEX
 - ✓ Etude de la mise aux normes du compost en cours
- **Varennes Jarcy**
 - ✓ 70.000 t/an OMR et 30.000 t/an biodéchets
 - ✓ Méthanisation et compostage en silo avec rett automatique
 - ✓ Constructeur/exploitant : VALORGA URBASER

1.4.3 LES INSTALLATIONS DE METHANISATION EN PROJET, EN CONSTRUCTION OU DEMARRAGE

❖ *Unités en construction ou démarrage*

■ **Martinique**

- ✓ Méthanisation
- ✓ 20 000 t de biodéchets
- ✓ Constructeur VINCI, exploitant IDEX Novergie
- ✓ Levée de réserve en cours, démarrage difficile (30% du gisement prévu), compost satisfaisant

■ **Montpellier**

- ✓ Couplage méthanisation/compostage
- ✓ 153 000 t/an OMR et 39 000 t/an biodéchets
- ✓ Constructeur : VINCI

■ **Calais**

- ✓ Méthanisation (1 digesteur Valorga 3 000 m³)
- ✓ 27 000 t/an biodéchets et 1 000 t de graisses
- ✓ Constructeur: Valorga/Urbaser, exploitant : TIRU-Valorga-Urbaser

❖ *Unités en cours de demande d'autorisation d'exploiter*

■ **Syndicat Mixte du Point Fort (St Lô-50)**

- ✓ Couplage méthanisation compostage
- ✓ 60 000 t OMR+ 10 000 t DV
- ✓ Constructeur : VINCI

■ **Marseille**

- ✓ Couplage : incinération (300 000 t/an) et méthanisation (110 000 t/an)
- ✓ DSP délégataire : Valorga/Urbaser
- ✓ Travaux lancés fin 2006, démarrage usine fin 2008

■ **Clermont Ferrand**

- ✓ Couplage : méthanisation et incinération
- ✓ 200 000 t d'OMR réparties entre 26 000 t en méthanisation et 170 000 t en incinération
- ✓ DSP délégataire : Novergie, constructeur VINCI Evt avec Kompogas
- ✓ Fin enquête publique fin 2006, lancement des travaux courant 2007

■ **Forbach**

- ✓ Méthanisation : 20 000 t de biodéchets + 5 000 t de DV (tranche optionnelle + 20 000 t de biodéchets)
- ✓ Constructeur : VINCI Environnement
- ✓ Biogaz carburant, dépôt DAE début 2007

❖ *Unités en projets*

- **Roanne**
 - ✓ Environ 100 000 t/an OMR, en DSP couplée à l'ISDND
- **ORGANOM (Ain)** (80 000 t/an OMR, méthanisation)
- **Angers** (90 000 t OMR, avec 46 000 t en méthanisation)

1.4.4 AVANTAGES ET CONTRAINTES DE LA METHANISATION

▪ **Principaux avantages de la méthanisation**

- ✓ Impact minimum sur l'environnement direct (usine compacte facilement confinée)
- ✓ Réduction des tonnages d'ordures ménagères résiduelles par dégradation de la matière organique (de l'ordre de 20 à 45 % des tonnages d'OMR entrants)
- ✓ Valorisation des ordures ménagères résiduelles avec la production d'énergie sous forme de biogaz (électricité, chaleur, carburant)
- ✓ Possibilité de production de compost avec une étape complémentaire aérobie
- ✓ Soutien d'Eco-Emballages
- ✓ Impact significatif des nouveaux tarifs d'achat d'électricité renouvelable (voir § 1.4.7)

▪ **Principales contraintes de la méthanisation**

- ✓ Contraintes techniques (phénomène biologique complexe)
- ✓ Maîtrise de la composition des entrants (régularité, ratio C/N/P)
- ✓ Sensibilité aux variations d'humidité des déchets entrants
- ✓ Préparation des déchets (criblage, broyage, tri, malaxage, chauffage...)
- ✓ Maîtrise du process (température, potentiel Red-Ox, pH, teneur en eau, en NTK)
- ✓ Pas d' »hygiénisation »
- ✓ Gestion de l'excédent hydrique
- ✓ Difficulté de raccordement pour la vente d'électricité, si site contigu à l' ISDND, souvent isolée

1.4.5 PROBLEMES RENCONTRES ET PRECONISATIONS POUR LA METHANISATION

- Mauvaise qualité du compost (ou digestat) final (si évolution vers une production de compost)
 - ✓ Soigner techniquement les opérations de préparation et d'affinage (pas de broyage ...)
- Usure rapide des systèmes d'alimentation des réacteurs
 - ✓ Soigner l'opération de préparation (séparateur balistique) et/ou utiliser des systèmes rustiques
 - ✓ Importance de la maintenance préventive

- Difficulté à trouver l'équilibre hydrique tout au long de l'année
 - ✓ Disposer d'une solution alternative pour le traitement des jus (STEP ou épandage)
 - ✓ Prévoir un gisement de déchets verts largement dimensionné ou disposer d'une installation de compostage des déchets verts à proximité
 - ✓ Bien prendre en compte la saisonnalité des entrants (DV notamment)
- Impureté du biogaz produit créant des dysfonctionnements pour son utilisation
 - ✓ Prévoir une épuration du biogaz (filtration et déshumidification au minimum)
- Bouchage des digesteurs ou formation d'une croûte flottante
 - ✓ Préconiser une homogénéisation efficace, un accès aisé au réacteur, privilégier la méthanisation sèche (25-35 % MS), éviter l'agitation pneumatique,
 - ✓ Assurer une exploitation rigoureuse avec une bonne formation de l'exploitant et un personnel qualifié
 - ✓ Prévoir des solutions de rupture de charge dans la filière pour une plus grande souplesse d'exploitation
- Digestat trop humide ou compact pour opération de compostage aval
 - ✓ Prévoir un structurant (avant déshydratation, ou après, avec homogénéisation)
- Digestat issu d'OMR avec un taux de MO < 20 % de la MB compliquant le démarrage de la réaction de compostage aval
 - ✓ Prévoir un mélange du digestat avec une source de MO avant compostage
- Très forte interdépendance des ateliers de préparation, traitement, affinage
 - ✓ Privilégier les montages globaux
 - ✓ Se donner le temps de valider les performances, laisser le constructeur régler son process et mettre à profit ces étapes pour former le personnel
- Importance relative faible des recettes liées à l'électricité (<5% du coût global)
 - ✓ Garder en mémoire que c'est d'abord une unité de traitement avant d'être une unité de valorisation énergétique
 - ✓ Privilégier une valorisation chaleur connexe (cogénération)
- Importance relative forte de la gestion des refus (de l'ordre de 50 % des entrants)
 - ✓ Raisonner en filière globale et prendre en compte le coût de traitement de ces refus à l'étape de faisabilité
- Filière encore innovante et pas encore « calée » en France
 - ✓ Prévoir un montage prenant en compte la part de risque de l'opération

1.4.6 ATOUTS ET LIMITES DANS LE CONTEXTE DES ALPES-MARITIMES

- Pertinent pour des déchets contenant une fraction organique importante
- S'assurer de la filière de valorisation du biogaz

■ Atouts

- ✓ Valorisation de l'énergie, si site raccordable au réseau EDF ou si valorisation sous forme de carburant
- ✓ Bonne image liée à la valorisation de l'énergie
- ✓ Dégradation de la matière organique plus poussée qu'avec le compostage (production de biogaz)
- ✓ Gestion des odeurs plus aisée (digesteur)

■ Limites

- ✓ Nécessité de définir les possibilités de raccordement au réseau EDF
- ✓ Gestion des excédents hydriques (si absence de compostage)
- ✓ Pas de retour d'expérience pour l'enfouissement direct du digestat
- ✓ Peu d'installations à ce jour en service en France
- ✓ Fragilité des rendements et des résultats en fonction de la composition des OMR
- ✓ A l'étranger, installations fonctionnant avec des mélanges de matières organiques permettant d'optimiser la production de biogaz

1.4.7 ORDRES DE GRANDEUR FINANCIERS POUR UNE UNITE DE METHANISATION DE 60 000 T/AN

- Hypothèse : dimensionnement pour 60 000 t/an d'OMR. Données issues d'installations en service et avec un coût d'enfouissement des ultimes de 100 €/t, transfert inclus, et sans production de compost (ou digestat).
- Investissement :
 - ✓ entre 24 et 48 M€, soit 400 à 800 €/t entrante
- Conditions de rachat de l'électricité (arrêté du 10 juillet 2006)
 - ✓ 4,6 à 5,8 c€/kWh → 9,5 à 13,5 c€/kWh (selon puissance et efficacité énergétique)
 - ✓ Facilite l'économie des projets de méthanisation
 - ✓ Tarifs uniquement pour les nouveaux contrats
- Coût sans enfouissement et sans production de compost (ou digestat)

✓ Amortissement	20 à 40 €/t
✓ Fonctionnement	25 à 35 €/t (recettes déduites : 15 à 30 €/t)
TOTAL	45 à 75 €/t
- Coût avec enfouissement et sans production de compost (60 à 65 % des tonnages entrants)

TOTAL	105 à 140 €/t
--------------	----------------------

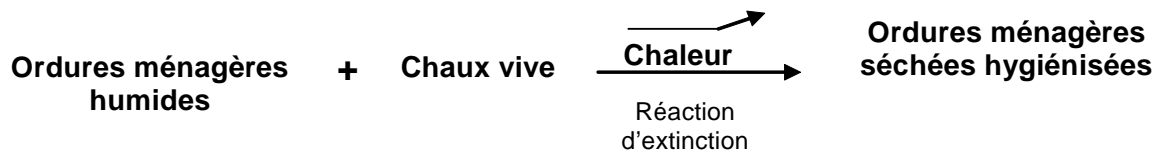
Pour des installations de moins de 30 000 t/an, l'ADEME donne une fourchette de 100 à 170 €/t, et 110 à 190 €/t en dessous de 10 000 t/an. Les effets d'échelle sont très sensibles pour la méthanisation.

1.5 COMPARAISON DE LA STABILISATION PAR COMPOSTAGE ET PAR METHANISATION

	Procédé de compostage	Procédé de méthanisation
Plage de fonctionnement	Le seuil de rentabilité se situe aux environs de 30 000 t/an	Le seuil de rentabilité se situe aux environs de 30 000 à 40 000 t/an
Produits	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compost (norme NFU 44051) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digestat (rentre dans la norme NFU 44051 si ajout de matériaux structurants et compostage) ▪ Energie (méthane)
Résidus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Refus de tri mécanique ▪ Eaux de ruissellement sur surfaces à l'air libre 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Refus de tri mécanique ▪ Lixiviats en quantités importantes
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technologie simple, maîtrisée et adaptée à des matériaux très variables 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adapté aux déchets organiques non ligneux ▪ Emprise au sol plus limitée que celle du compostage ▪ Valorisation de l'énergie ▪ Pas de rejets atmosphériques et une meilleure maîtrise des odeurs
Limites	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ecoulement des composts ▪ Emprise au sol importante (si traitement à l'air libre) ▪ Gestion des odeurs (si traitement à l'air libre) ▪ Absence de valorisation énergétique ▪ Peu adapté aux déchets très riches en eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ecoulement des digestats ou composts ▪ Procédé difficile à décentraliser ▪ Traitement des lixiviats (eaux excédentaires) ▪ Technologie moderne nécessitant une maîtrise pointue de la technique ▪ Sensible aux variations d'humidité des déchets
Références	<p>70 unités en France, dont la plupart produisent des composts difficiles à écouler.</p> <p>Certaines unités ne produisent pas de compost : Mende, Lorient, ...</p>	<p>En France, plusieurs dizaines d'installations de méthanisation des boues, 2 installations pour déchets ménagers (ordures ménagères brutes mais évolution vers biodéchets collectés sélectivement) et des projets pour des biodéchets collectés sélectivement : Lille (108 000 t/an), Forbach (2x20 000 t/an), Calais (27 000 t/an), et des OMR : Marseille, S^t Lô, Clermont Ferrand, Montpellier, ...</p> <p>En Europe 50 installations (capacité 1,2 millions tonnes/an) en particulier en Allemagne, aux Pays-Bas et en Belgique</p>

1.6 LE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE (CHAULAGE)

Le principe est le chaulage des ordures ménagères.



1.6.1 NOTE DE L'ADEME

Le chaulage, contrairement au compostage, ne transforme pas la matière initiale d'un produit. Le chaulage est un phénomène chimique ayant deux conséquences temporaires : l'une thermique (élévation de température), l'autre chimique simple (l'élévation de pH - élévation qui, aux doses de chaulage habituelles, n'est que temporaire et qui prend fin lorsque l'amendement est incorporé au sol, celui-ci par son effet tampon ramenant l'ensemble « sol-déchet » à des pH proches de la neutralité, ou au moins proche du pH initial du seul sol).

Par conséquent, le retour au sol de déchets municipaux organiques chaulés va se traduire au bout de quelques semaines à quelques mois par le retour à une situation que l'on aurait eu si l'on avait épandu le même produit organique non chaulé. Il en va ainsi des boues chaulées (les éléments fertilisants sont libérés dans les sols : effet engrais) et il en ira ainsi des produits organiques non compostés, qui poseront de probables problèmes de faim d'azote¹ quelques semaines après épandage.

La chaux vive réagit avec l'eau (présente dans les déchets où ajoutée aux déchets pour les besoins de la cause) dans une réaction d'extinction qui dégage de la chaleur et s'accompagne d'une forte augmentation de température. L'adjonction de chaux entraîne également une augmentation du pH du milieu. On constate une déshydratation par l'évaporation de l'eau et une stabilisation (inhibition de pratiquement tous les micro-organismes provoquant l'arrêt, éventuellement temporaire, des fermentations et de l'émission de mauvaises odeurs).

Le concept de chaulage des ordures ménagères remonte à environ une dizaine d'années, sans qu'aucune unité industrielle n'ait vu le jour. On peut ici citer les notes de l'ADEME concernant le procédé de la société SOL (février 1994) et le procédé Calcior (septembre 1998). Le chaulage d'ordures ménagères reste aujourd'hui un « procédé nouveau » au stade de développement pilote.

■ Avantages :

L'intérêt est donc l'obtention d'une matière organique (fraîche) déshydratée et stabilisée, facile à employer. Les avantages d'ordre sanitaire (hygiénisation sous réserve du taux de chaulage et de l'intimité du mélange) et environnemental (contrôle des odeurs), dont nous avons parlé pour les boues, demeurent valables ici.

¹ Il faut faire particulièrement attention aux apports directs de matériaux pauvres en azote et riches en carbone (paille, tourbe, écorces, feuilles, etc.) : pour digérer ces aliments, les microorganismes doivent puiser l'azote dans le sol causant, ainsi, une faim d'azote chez les plantes qui, par conséquent, jauniront et pousseront mal.

En revanche, les deux autres avantages avancés pour les boues chaulées ne sont pas valables pour les déchets municipaux organiques chaulés : aucun avantage d'ordre logistique (les boues correctement chaulées se tiennent mieux en tas, se reprennent au chargeur et se stockent plus facilement) ou pratique (les boues de plus de 30 % de siccité souvent atteint par chaulage de boues pâteuses sont acceptées en centre d'enfouissement technique).

■ **Inconvénients :**

- ✓ Le risque zéro de faim d'azote n'existe pas en cas d'épandage des déchets municipaux organiques chaulés (non compostés) ; Le risque peut être important si une culture est implantée immédiatement après l'épandage ou négligeable plusieurs mois après l'épandage ;
- ✓ Le retour au sol de déchets municipaux organiques chaulés peut avoir un impact environnemental défavorable du fait de la présence possible d'inertes et de métaux lourds (initialement présents dans les déchets) ;
- ✓ Le chaulage provoque l'hydrolyse de certaines fractions organiques (coupures de certaines liaisons moléculaires des protéines essentiellement) et la modification des conditions de solubilisation des métaux (modification favorable pour les métaux solubles en phase acide tels que le zinc et défavorable pour les métaux solubles en phase basique tels que le plomb) ; Les conditions de solubilisation sont à examiner au cas par cas en fonction du pH résultant lors du retour au sol (après apport) ;
- ✓ Enfin, le retour au sol de la matière organique fraîche chaulée issue de déchets municipaux organiques ne peut se faire que sur des sols acides (du fait du caractère fortement basique de la chaux présente), ce qui limite les débouchés.

1.6.2 LE POINT DE VUE DU CNIID

Le CNIID (Centre National d'Information Indépendante sur les Déchets) émet les réserves suivantes sur le chaulage des ordures ménagères :

■ **Effet de serre :**

- ✓ L'extraction de la chaux est énergivore et contribue à l'effet de serre ;
- ✓ L'acheminement de la chaux sur l'unité de production (2 000 à 3 000 tonnes de chaux pour une unité de 15 000 tonnes par an) contribue aussi à l'effet de serre ;

■ **Métaux lourds :**

La température atteinte au cours de la réaction chimique est insuffisante pour détruire tous les déchets toxiques et, selon le CNIID, les métaux lourds vont se retrouver dans le produit final qui est destiné à être réutilisé dans le BTP.

En conclusion, le CNIID estime que le procédé doit être réservé à la gestion des déchets ultimes. Le compostage pour les déchets verts, le réemploi et le recyclage doivent remplir leur rôle dans la valorisation.

1.6.3 LES UNITES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE EN FRANCE

❖ **OXALOR**

OXALOR possède une unité pilote sur la commune de Lezay (79) qui est régie par un arrêté d'autorisation pour une période temporaire de deux fois 6 mois (octobre 2004 à octobre 2005) avec une capacité de 3 120 t/an d'ordures ménagères brutes.

L'ajout du réactif (qui représente 12 à 15% de la masse entrante) s'opère directement sur les OM débarrassées des gros résidus. Il est suivi d'une réaction exothermique d'environ 2 heures en tunnel, puis d'un tri mécanique pour extraire les déchets supérieurs à 20 mm (dont les métaux et le bois). Le mélange résultant est constitué de la matière organique et de petits inertes qui sont extraits à l'aide de plusieurs séparateurs (densimétrique, aéraulique et métalliques).

Le produit final « OXYOM » dispose d'une autorisation provisoire de vente dans l'attente d'une homologation. Ce produit est constitué de 30 % de chaux, 70 % d'éléments organiques et 2 % d'indésirables (résultant d'un problème d'affinage).

Cette unité pilote traite aujourd'hui uniquement des boues mélangées à des biodéchets / déchets de bois.

OXALOR a un projet d'une unité industrielle de 50 000 à 60 000 t/an d'OMr sur la commune de Lezay pour un investissement de 9 millions d'euros. Cependant, les EPCI de traitement des déchets ménagers du département des Deux Sèvres ne sembleraient pas être intéressés par ce procédé.

❖ **CALCIOR**

CALCIOR est un procédé semblable à OXALOR à la différence que le tri est effectué avant la thermo réaction. Son inventeur, Max Dézier, aurait conçu une unité fixe ou mobile d'une capacité de 50 000 à 75 000 tonnes par an au sein d'un bâtiment de 3 000 m² pour un investissement de 5,2 millions d'euros.

❖ **Projet HUMICAL**

La société CHARIER DV a un projet de traitement à la chaux des OM résiduelles et/ou des biodéchets avec production d'un amendement organique dénommé HUMICAL.

Préalablement à l'opération de chaulage, les OM résiduelles sont broyées, déferpillées et criblées (élimination des gros éléments).

A l'issue de la thermo-réaction, le produit est criblé puis mélangé à du compost de déchets verts.

Les tests effectués en laboratoire et sur près de 300 tonnes de produit démontrent l'innocuité, l'efficacité agronomique et la constance de composition de l'HUMICAL.

En 2002, les premières études de définition envisageaient une capacité de 15 000 à 30 000 tonnes par an pour un investissement de 4 millions d'euros.

1.6.4 SYNTHÈSE DU TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE (CHAULAGE)

Traitement physico-chimique (chaulage)	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtention d'une matière organique (fraîche) déshydratée et stabilisée, facile à employer ▪ Hygiénisation sous réserve du taux de chaulage et de l'intimité du mélange ▪ Contrôle des odeurs et des lixiviats ▪ Rapidité du traitement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque de matière organique non dégradée ▪ Présence possible d'inertes et de métaux lourds ▪ Intéresse des sols acides uniquement ▪ Sans intérêt si envoi en ISDND (augmentation des tonnages) ▪ La fabrication et la livraison de la chaux contribuent à l'effet de serre ▪ Pas de réalisation industrielle à ce jour en France

1.7 SYNTHÈSE SUR LA STABILISATION MÉCANO-BIOLOGIQUE

1.7.1 COMPARAISON DES COÛTS POUR UNE UNITÉ DE 60 000 T/AN

Le tableau ci-dessous situe les enjeux des principaux modes de stabilisation mécano-biologique, incluant le traitement des résidus (mâchefers, REFIOM, stockage en ISDND des déchets après stabilisation mécano biologique) en comparaison avec l'incinération ou le stockage direct en ISDND.

On a retenu comme hypothèse un coût de transfert et de stockage en ISDND de 100 €/tonne enfouie ; ce poste est déterminant dans le calcul du coût de la stabilisation mécano- biologique.

A titre de comparaison, le coût de l'incinération se situe dans une fourchette de 95 à 110 €/t pour des ordures ménagères résiduelles.

En revanche, dans une perspective d'incinération de la fraction combustible après séparation mécanique, le PCI des déchets est beaucoup plus élevé et de ce fait, il n'est possible d'incinérer que 0,66 t de déchets à haut PCI là où l'on brûle 1 t d'ordures ménagères résiduelles. A charge thermique identique, le coût de l'incinération par tonne traitée est alors beaucoup plus élevé.

Type de traitement	Coût d'investissement M€	Coût de fonctionnement (€/t entrante) <i>Pour la stabilisation mécano-biologique uniquement</i>	Coût global (€/t entrante)
Mise en ISDND simple (transfert compris)			100 €/t
Stabilisation simple sans production de compost (transfert et stockage compris)	14 à 20 M€	13 à 20 €/t	100 à 130 €/t
Stabilisation avec production de compost (transfert et stockage compris)	18 à 30 M€	20 à 30 €/t	90 à 115 €/t
Stabilisation avec production de compost et valorisation énergétique de la fraction combustible	18 à 30 M€	20 à 30 €/t	110 à 135 €/t
Stabilisation par méthanisation (transfert et stockage compris)	24 à 48 M€	25 à 35 €/t (recettes déduites)	105 à 140 €/t
Incinération (hors transfert, car proximité)	40 à 44 M€	45 à 55 €/t (recettes déduites)	95 à 110 €/t

1.7.2 LA STABILISATION MECANO-BIOLOGIQUE : SYNTHÈSE

STABILISATION	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">■ Répond à la Directive Européenne du 26/04/1999■ Process souple et coût maîtrisé (si ISDND existant à proximité)■ Gain de volume à traiter de l'ordre de 30 % (donc diminution du trafic pour l'accès au site de stockage)■ Possibilité de séparer une fraction grossière à fort pouvoir calorifique et « nettoyée »■ Diminution forte du biogaz et des lixiviats en ISDND, donc des odeurs et autres nuisances■ Chaîne complète de traitement	<ul style="list-style-type: none">■ Maîtrise des nuisances (compostage)■ Valorisation matière limitée■ Besoin d'une ISDND voire d'une UIOM■ Coût fortement dépendant du coût de traitement en aval

C'est une alternative au traitement thermique et une amélioration des conditions de l'enfouissement : qualitative mais également quantitative, puisque le volume de déchets à enfouir est très sensiblement diminué, et que l'on limite fortement la production de lixiviats et de biogaz.

Le process est connu et maîtrisé.

Ce procédé permet de respecter la Directive Européenne de 1999 sur l'enfouissement, dans la forme, de par la forte diminution de quantité de matière organique enfouie et dans l'esprit, puisque la matière organique stabilisée génère beaucoup moins de gaz à effet de serre, ce qui était un des buts recherchés.

2 LES TRAITEMENTS THERMIQUES

On distingue différents procédés :

- l'incinération en lit fixe (grille ou rouleaux) : technologie ancienne, bien maîtrisée ;
- l'incinération en lit fluidisé (mélange déchets/produit inerte en suspension) : transfert de technologie à confirmer (5 unités en France) ;

L'incinération est un traitement basé sur la combustion avec excès d'air. Elle va générer de la chaleur, valorisable sous forme d'électricité, sous forme de vapeur, ou via un réseau de chaleur ;

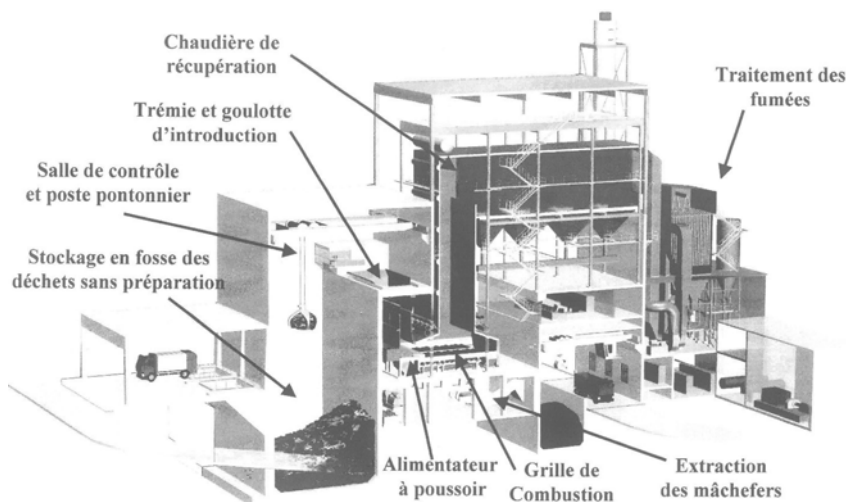
- la thermolyse/pyrolyse (traitement thermique sans apport d'air) : procédé validé au Japon (tri amont très poussé) et à valider en Europe (1 unité en France à Arras – procédé Thide) ;

La thermolyse (et pyrolyse) est un traitement thermique sans apport d'air (ou avec un apport d'air limité) ; Elle va générer un sous-produit carboné (le coke) valorisable par combustion, sous forme d'énergie ;

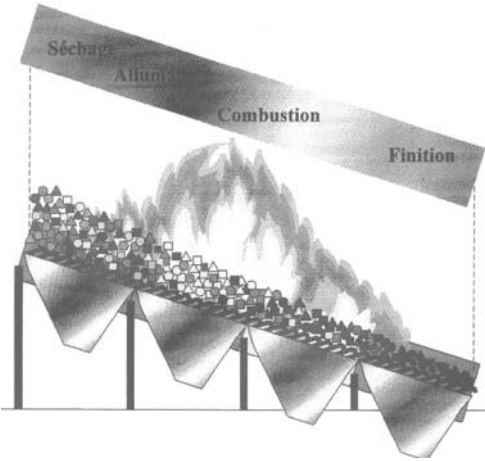
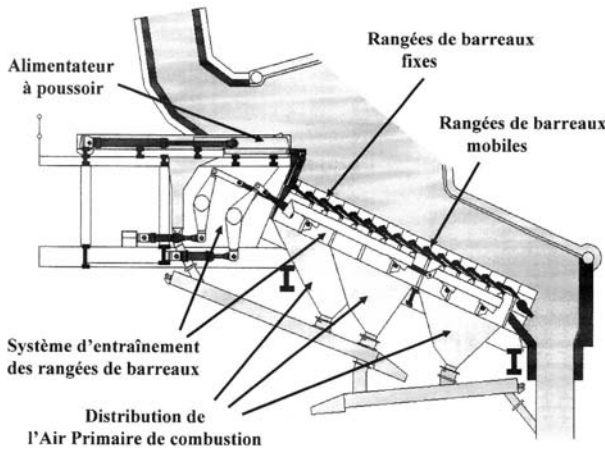
- la co-incinération en cimenterie ;
- la vitrification.

2.1 INCINERATION

L'INCINERATION	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Principe: <ul style="list-style-type: none"> ✓ dégradation par combustion, en excès d'air ▪ Déchets acceptés : <ul style="list-style-type: none"> ✓ OMR, Refus de tri/compostage ou méthanisation, DIB, DASRI, encombrants incinérables, boues de station d'épuration 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 principales technologies : <ul style="list-style-type: none"> ✓ four à grille ✓ four oscillant - rotatif ✓ four à lit fluidisé



2.1.1 INCINERATION : FOUR A GRILLE

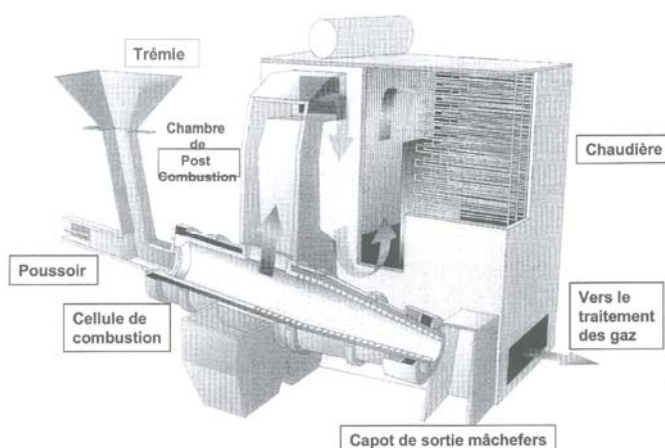
L'INCINERATION FOUR A GRILLE	
 <p>■ de 2.5 t/h à 50 t/h, soit de 19 000 t/an à 375 000 t/an</p> <p>■ peu d'offre commerciale en dessous de 5 t/heure</p>	 <p>■ Valorisation énergétique</p> <p>■ 95% des UIOM en France</p>

Compte tenu des contraintes qui pèsent sur les UIOM, les plus petits fours proposés actuellement sur le marché ont une capacité de l'ordre de 3 à 5 t/h, soit 38 000 tonnes/an.

L'incinération des déchets génère :

- de l'énergie, valorisable sous forme de chaleur ou d'électricité,
- des mâchefers, de catégorie V ou M, à hauteur de 250 kg / tonne entrante, dont 15 kg environ de métaux ferreux et non ferreux,
- des REFIOM, à hauteur de 20 à 50 kg / tonne entrante, environ, selon le traitement des fumées,
- des liquides (selon le traitement des fumées),
- des fumées épurées.

2.1.2 INCINERATION : FOUR OSCILLANT



L'INCINERATION FOUR OSCILLANT	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ de 2.5 t/h à 20 t/h, soit de 19 000 t/an à 150 000 t/an ▪ offre commerciale à partir de 3,5t/h (26 000 t/an) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorisation énergétique <ul style="list-style-type: none"> ✓ très délicate pour les petites capacités ✓ vente de la vapeur à un client pérenne, géographiquement très proche

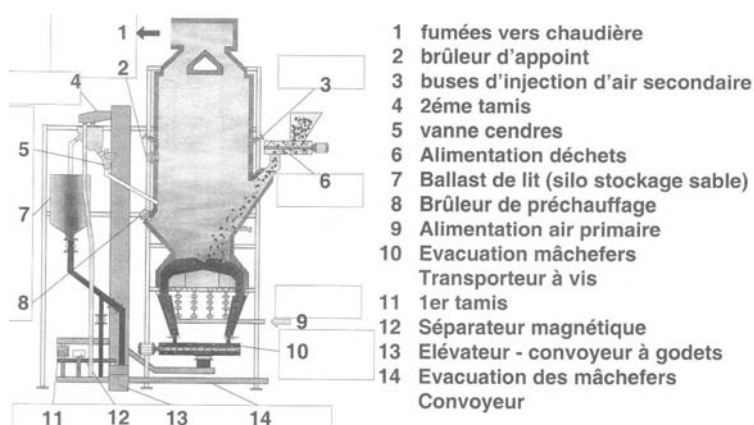
Compte tenu des contraintes qui pèsent sur les UIOM, les plus petits fours proposés actuellement sur le marché ont une capacité de l'ordre de 3,5 t/h, soit 26 000 tonnes/an.

Pour une telle capacité, il serait très coûteux d'envisager une valorisation énergétique sous forme d'électricité, et encore moins sous forme de chaleur dans un réseau.

On pourra vendre plutôt de la vapeur à un client géographiquement très proche. Cela suppose d'avoir une garantie sur la pérennité de ce client.

Références : Montbéliard (25), Pontenx (40), Pontivy (56), Vesoul (70).

2.1.3 INCINERATION: FOUR À LIT FLUIDISÉ



L'INCINERATION FOUR A LIT FLUIDISE	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ À partir de 3 t/h (22 500 t/an) ▪ Bonne préparation du combustible primordiale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 unités en France ▪ Production de cendres élevée, ▪ « un transfert de technologie à confirmer » (source ADEME)

La combustion a lieu au sein d'un mélange de déchets et de sables maintenus en suspension par de l'air injecté sous-pression.

Les réactifs et les déchets sont introduits dans un espace homogène, parfaitement mélangé et porté à une température uniforme. Cela suppose d'avoir à l'origine un matériau homogène (comme des boues de STEP), ou de broyer et homogénéiser les déchets à traiter.

Parmi les avantages mis en avant lors du choix de la technologie, l'excellente qualité de combustion se révèle vérifiée avec un taux d'imbrûlés de moins de 0.3% dans les cendres.

Il ne semble pas y avoir d'avantage clair au niveau de la qualité des gaz, mis à part une légère réduction des NOx et une faible production de CO.

Sur son site internet, http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets_new/Devenir_cadre_devenir.htm, l'ADEME redit « Fours à lits fluidisés : un transfert de technologie à confirmer ».

Des difficultés de mise au point (homogénéité des déchets et séparation des inertes) et économiques propres aux « procédés nouveaux » existent.

Pour l'application aux déchets ménagers, peu d'avantages validés sont relevés par rapport à l'incinération classique.

Références : Monthyon (77), Guerville/Mantes (78), Gien (45), Sausheim/Mulhouse(68) et Doullens (80).

2.1.4 SYNTHÈSE DES PROCÉDES D'INCINÉRATION

	INCINÉRATION		
	Four à grille	Four oscillant	Four à lit fluidisé
Principe	Combustion en lit fixe avec injection d'air	Combustion en lit oscillant avec injection d'air	Combustion au sein d'un mélange déchets – sable maintenu en suspension par de l'air injectée
Référence	95% des UIOM en France	Montbéliard (25) Pontenx (40) Pontivy (56) Vesoul (70)	Monthyon (77) Guerville/Mantes (78) Gien (45), Sausheim/Mulhouse(68) Doullens (80)
Point forts	Technologie confirmée	Adaptation à des unités de taille moyenne et à des petites capacités	Excellente qualité de combustion Légère réduction des NOx et faible production de CO
Points faibles	Peu adapté aux petites capacités	Valorisation énergétique délicate pour les petites capacités (vente de vapeur uniquement à un client proche et pérenne)	Homogénéisation des déchets nécessaire Production de cendres élevée Technologie à confirmer

2.1.5 POLLUANTS CONNUS

En dehors des dioxines qui sont les plus médiatisées mais pour lesquelles on ne sait pas tout des processus de formation et d'action, les polluants sont connus ainsi que les procédés pour les capter également, et ce dans le respect des normes actuellement en vigueur.

L'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux ainsi que la directive européenne du 4 décembre 2000, réglementent le traitement des déchets dans des installations de ce type. Il fixe des seuils d'émission de polluants, pour les métaux, dioxines et furanes, monoxyde de carbone (CO), poussières totales, carbone organique total, HCl, HF, SO₂, NOx. La circulaire du 9 mai 1994 établit 3 catégories de mâchefers (V : valorisables, M : maturables, S : stockables) en fonction notamment de leurs teneurs en différents polluants.

2.1.6 RATIOS D'INVESTISSEMENT POUR L'INCINERATION

- Référentiel de l'ADEME :
 - ✓ Avant 2002 : environ 3 millions d'€, exprimé en tonne/heure de capacité ;
 - ✓ 2002 à 2004 (40 dossiers de demande de subventions) : environ 3,8 M € par tonne/ heure de capacité ;
- Consultations récentes : de 5 à 5,5 million € par tonne/ heure de capacité.

2.1.7 INCINERATION : ORDRES DE GRANDEUR FINANCIERS

- Investissement :
 - ✓ 40 000 t/an : 25 à 30 millions d'€ ;
 - ✓ 80 000 t/an : 50 à 55 millions d'€ ;
 - ✓ 160 000 t/an : 90 à 105 millions d'€ ;
- Coût global :
 - ✓ 40 000 t/an : 100 à 110 € HT/tonne ;
 - ✓ 80 000 t/an : 90 à 100 € HT/tonne ;
 - ✓ 160 000 t/an : 85 à 95 €/tonne.

Coûts maîtrisés, dont les variations proviennent essentiellement des modalités de valorisation de l'énergie.

Il s'agit d'ordres de grandeur, à affiner au cas par cas, en fonction :

- des contraintes imposées lors de la consultation (les seuils imposés peuvent être en dessous des normes imposées par la réglementation sur certains composants comme les NOx par exemple),
- des contraintes de raccordement aux utilisateurs d'énergie,
- des opportunités de valorisation de l'énergie (co-génération possible ou non).

2.1.8 AVANTAGES ET CONTRAINTES DE L'INCINERATION

L'INCINERATION	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">■ Réduction maximale des volumes, si valorisation des mâchefers ;■ Emprise foncière limitée ;■ Valorisation énergétique ;■ Faible quantité de sous produits ;■ Technologie maîtrisée ;■ Possibilité de traiter d'autres déchets ;■ Tri amont simplifié (sauf lit fluidisé) ;	<ul style="list-style-type: none">■ Technologie décriée (dioxines...) ;■ Investissement lourd ;■ Gestion des sous produits parfois délicate ;■ Peu flexible par rapport aux variations de tonnage ;■ Peu adapté aux petites capacités (minimum : 5 t/heure ou 38 000 t/an) ;

2.2 LA THERMOLYSE

C'est un procédé de traitement thermique, avec chauffage :

- en l'absence d'air (thermolyse) à une température de 450 à 750 °C ;
- en défaut d'air (pyrolyse) à une température de 700 à 850 °C ;
- avec production :
 - ✓ d'un gaz ;
 - ✓ d'une fraction solide riche en carbone, valorisable.

La thermolyse (et la pyrolyse) consistent en un chauffage en absence (totale ou partielle) d'oxygène à température modérée entre 450 et 550°C (et 700 à 800 °C pour la pyrolyse). Contrairement à l'incinération, il n'y a pas de réaction d'oxydation (combustion) de la matière, mais seulement une décomposition de celle-ci, ce qui permet et de réduire notablement le volume de fumées générées et de produire moins d'éléments volatils nuisibles.

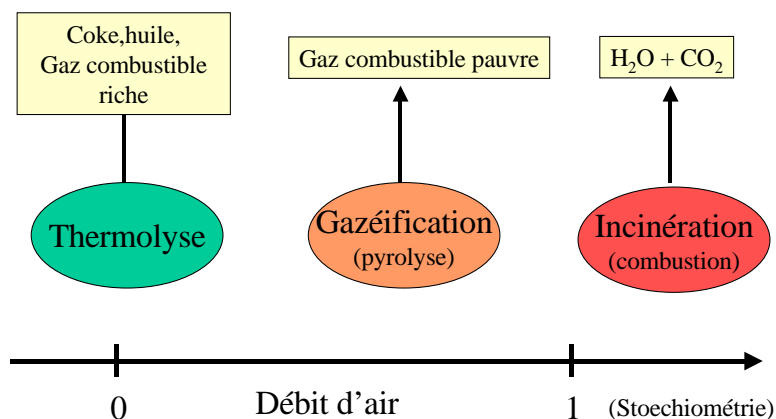
Cette technologie traite les matières organiques, non synthétiques ou synthétiques.

Elle s'adresse aux ordures ménagères résiduelles, aux déchets industriels, aux boues de STEP.

Ces déchets doivent être broyés, calibrés et homogénéisés en tête de traitement.

Deux grands types de procédés se distinguent :

- la thermolyse simple ou non intégrée : pas de combustion immédiate du résidu solide,
- la thermolyse intégrée : la valorisation du résidu solide a lieu sur site et dans le même procédé, par combustion ou gazéification (avec vitrification) après l'étape de thermolyse.



source IFP

La thermolyse est un prétraitement, à l'issue duquel il y a bien une phase de combustion qui s'achève par la production de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau.

Par conséquent, les gaz, huiles et charbons provenant de la thermolyse doivent être traités dans des installations équipées d'un traitement de fumées afin de maîtriser les émissions rejetées par leur combustion.

Après thermolyse, on a en fait une incinération des déchets issus du prétraitement, même si les conditions de la combustion sont alors meilleures que sur des ordures ménagères brutes.

2.2.1 ETAT DU DEVELOPPEMENT DE LA THERMOLYSE / PYROLYSE

■ Etat du développement en France :

- ✓ première unité industrielle en France mise en service en juin 2004 à Arras (ARTHELYSE) d'une capacité de 50 000 tonnes/an, avec le procédé EDDITH de Thide Environnement ;
- ✓ production de Carbor non valorisé sur site ;
- ✓ procédé Pit Pyroflam, de pyrolyse intégrée, repris et proposé par Sanifa, filiale de SITA (une unité industrielle à Budapest sur DIB) ;

■ Etat du développement ailleurs :

- ✓ très contrasté en Europe avec l'arrêt de plusieurs programmes d'industriels européens (Siemens à Furth (D), Nexus à Digny (F), Thermoselect à Karlsruhe (D)...)
- ✓ dynamisme au Japon, en remplacement de petites usines d'incinération obsolètes (après tri amont très poussé).

En Europe, la plupart des projets n'ont pas abouti ou n'ont pas dépassé le stade du pré développement industriel (fonctionnement quelques années puis arrêt).

Le recul sur l'unité d'Arras ne permet pas de tirer d'enseignements fiables sur les possibilités de valorisation du résidu carboné (Carbor) : des tests pendant 12 à 18 mois vont donner la possibilité de valider (ou non) ce procédé. Depuis la mise en service en 2004, l'exploitant rencontre quelques difficultés inhérentes à une technologie innovante, mais sans obstacle majeur, en dehors de la pérennité de l'écoulement du Carbor.

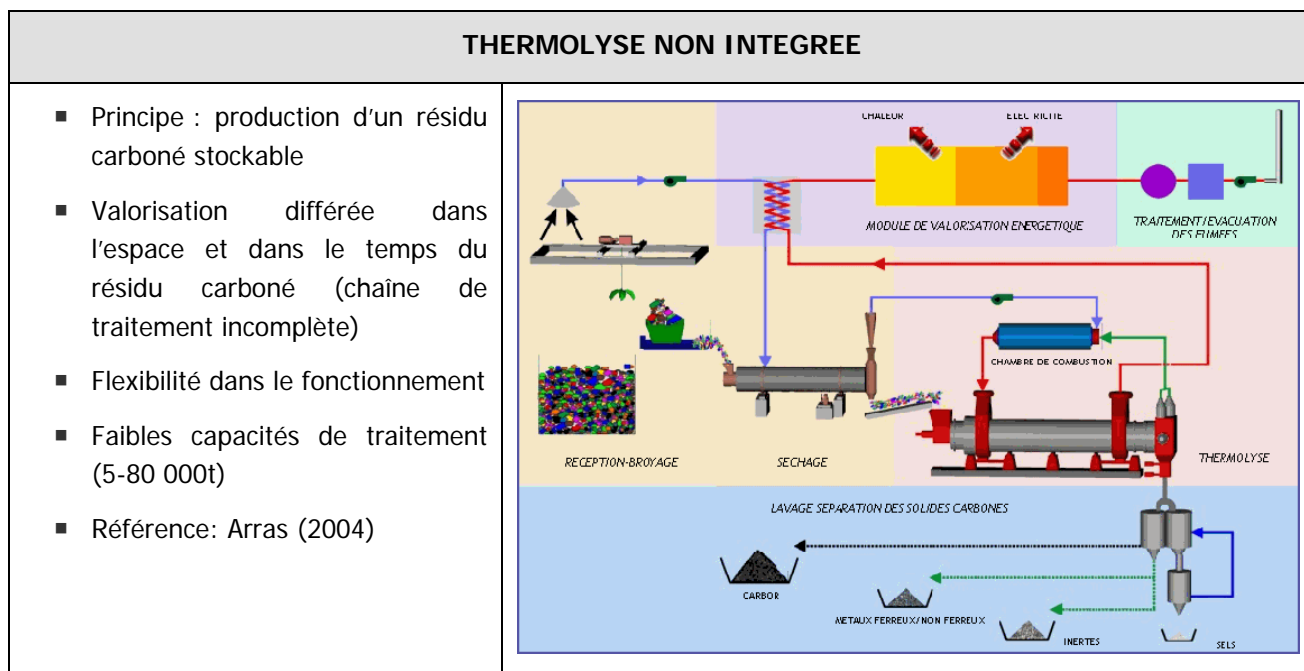
L'unité PKA de Aalen a été fermée récemment pour des raisons économiques. En effet, cette unité était complétée d'un réacteur de craquage des gaz de thermolyse (coûteux et peu efficace) et prévoyait un réacteur de gazéification du coke qui n'a jamais été construite.

L'unité de Burgau est toujours opérationnelle, le coke est toujours mis en décharge dédiée, mais une solution alternative est à l'étude.

Une unité a été démarrée récemment à Hamme (D) où il s'agit d'une combinaison d'une unité de thermolyse et d'une centrale thermique au charbon (ConTherm-Anlage). Il s'agit évidemment d'une solution élégante.

Un nouveau constructeur d'installations de thermolyse est apparu en Allemagne (VTA) dans le giron du groupe VEBA öl. Il s'agit de fours de conception simple chauffés au fioul, gaz naturel ou gaz de synthèse. Bien que spécialisé pour le traitement de déchets industriels et de pneumatiques usagés, le groupe est intéressé par des développements pour d'autres types de déchets.

2.2.2 THERMOLYSE NON INTEGREE



Dans ce procédé, la matière organique est dégradée, et un résidu carboné est produit.

On dissocie, voire diffère, dans le temps et dans l'espace, la valorisation du sous-produit carboné, de la production de ce résidu.

Le résidu est lavé, on en a extrait en particulier le Chlore, ce qui permet de limiter très sensiblement l'émission de dioxines lors de sa combustion différée.

La chaîne de traitement est incomplète, et il reste de grandes incertitudes sur cette valorisation du résidu, qui peut être amené à être stocké en ISD de déchets non dangereux (voire de déchets dangereux).

Cette technique est bien adaptée aux variations de tonnages (fonctionnement peu perturbé dans une fourchette de 50% à 110% de la capacité nominale).

Les procédés sont variables selon les fabricants.

Sont à souligner le procédé EDDITH de Thide Environnement et le procédé DTV de TRAIDEC. Mais d'autres procédés sont aujourd'hui en cours de positionnement sur le marché européen et le marché français.

■ Le traitement des gaz

Dans le cas le plus simple (Thide Environnement), le gaz de thermolyse (environ 400 kg) est caractérisé par un PCI de l'ordre de 13 MJ/kg, de sorte qu'il correspond à un contenu énergétique d'environ 5 000 MJ/tonne de déchets entrants.

La combustion du gaz (à 1200/1400°) peut être utilisée pour chauffer les parois du four à 550/600° (le chauffage du four à cette température n'exige que 1 000 MJ par tonne de déchets entrants). Les utilisations complémentaires concernent les chaufferies annexes, le séchage des déchets ou des boues, et, éventuellement, la co-génération ...

■ Les premiers traitements du résidu carboné en fin de thermolyse

En sortie de réacteur, apparaît un résidu carboné qui doit subir un premier traitement constitué par un lavage qui améliore la déchloration et un triage qui permet une valorisation matière :

✓ Lavage et refroidissement :

Le résidu sort du four à 450°C, et doit être refroidi. Le refroidissement peut avoir lieu sous azote ou, plus généralement, par l'eau. L'eau permet de capter une partie du chlore. Le chlore peut à son tour être aisément retiré (déchloration) par dissolution dans l'eau, suivie d'une évaporation de l'eau. Une tonne de déchets entrants donne dix kilogrammes de chlore en solution (chlorure de sodium et chlorure de calcium) qui va, par la suite, en ISD de déchets dangereux. Une valorisation serait encore théoriquement possible à ce stade (utilisation en sel de déneigement...), mais dépend des conditions locales (proximité...).

L'élimination du chlore en sortie de four n'est pas effectuée par tous les procédés industriels. Les Japonais, par exemple, brûlent le résidu, et éliminent le chlore dans les fumées.

✓ Tri et valorisation matière :

Après lavage, le résidu est grossièrement trié pour éliminer les éléments indésirables. Un premier tri, par grille, peut être opéré pour éliminer le verre et les inertes (graviers, céramiques). Le lavage permet de séparer le coke des métaux et inertes. Le coke de carbone (ou semi-coke), léger, reste en suspension dans l'eau, tandis que les inertes (graviers, verre, céramique) et les métaux sont récupérés par gravité. Un deuxième tri peut être retenu pour améliorer la valorisation matière. En effet, les métaux ferreux et non ferreux qui n'ont pas été brûlés sortent de thermolyse non oxydés et, par conséquent, avec un très grand degré de pureté. Ainsi les feuilles d'aluminium ménager sont récupérées pratiquement intactes. Les procédés habituels de tri (tri magnétique pour les métaux ferreux ou par courant de Foucault pour l'aluminium) sont parfaitement adaptés, en fonction de l'importance du gisement (en quantité et en qualité). Un mélange approprié de déchets ménagers et de déchets industriels banals permet d'obtenir des quantités suffisantes pour que le tri soit alors rentable.

Déarrassé d'une partie des matières minérales (verre, cailloux) et des métaux, le résidu est uniquement constitué de carbone et de cendres, et s'apparente à un charbon de mauvaise qualité.

L'utilisation de ce résidu ultime carboné [appelé aussi « semi-coke », « combustible solide de thermolyse » (CST), « char », ou encore « Carbor », marque déposée par Thide, ou « Combuster », marque déposée par Nexus] fait toutefois l'objet d'un débat, car, en dépit de son pouvoir énergétique réel, des discussions sont en cours pour l'accepter comme combustible de substitution, notamment en cimenterie.

■ Plage de fonctionnement

Le marché visé par Thide concerne les installations de moins de 60 000 t/an. L'unité d'Arras est prévue pour 43 000 t d'ordures ménagères résiduelles et 7 000 t de DIB.

Le marché visé par TRAIDEC est plus large, pour des installations de 5 000 à 80 000 t/an.

✓ La plage de fonctionnement est relativement large :

D'une part, contrairement à l'incinération qui a un seuil d'efficacité en deçà duquel la rentabilité financière et même le fonctionnement technique sont compromis, le four de thermolyse peut fonctionner à 50 % de sa capacité sans difficultés, car alors, l'énergie nécessaire pour maintenir le four à température est réduite.

D'autre part, la thermolyse permet de traiter des déchets variés, quelle que soit leur valeur calorifique ou énergétique (pneus usagés, plastiques, déchets dangereux, peintures, boues des stations d'épuration...).

- ✓ La plage de fonctionnement est compatible avec de petites capacités :

Il existe vraisemblablement un marché privilégié pour la thermolyse qui est celui des petites unités, pour des petits gisements, de faible tonnage. En dessous d'un certain seuil, que l'on peut estimer à 50 000 tonnes/an, l'incinération classique est moins performante et représente des coûts élevés. Certes, de nombreux modes d'incinération à fours oscillant permettent d'abaisser les seuils de rentabilité, mais ne vont apparemment pas jusqu'aux unités de moins de 30.000 tonnes. Le marché de la thermolyse n'est, en réalité, nullement concurrent du marché de l'incinération, mais parfaitement complémentaire. Il permet également de délester les ISDND sans être contraints au transport continu vers de grosses unités d'incinération.

- Sous produits :

Les températures de traitement étant faibles, et la thermolyse étant réalisée sans oxygène, les métaux lourds ne sont ni oxydés, ni volatilisés (à l'exception du mercure, du cadmium dont les émissions sont inférieures aux normes), ce qui facilite leur récupération et leur élimination.

Le chlore est initialement présent dans les déchets entrants sous forme minérale (sel) ou organique (plastiques, PVC notamment). Au cours de la décomposition thermique, le chlore se retrouve soit capté par le résidu solide (on a vu que c'est même l'une des caractéristiques principales du carbone) sous forme de chlorures lixiviables, soit dans les gaz de la thermolyse sous forme d'acide chlorhydrique (HCl). La répartition du chlore entre le gaz et le solide dépend de la nature et, en particulier, du rapport cellulose/lignine du déchet entrant. Sans apport particulier, on estime que la répartition moyenne après traitement d'ordures ménagères est de 70 % dans le gaz / 30 % dans le semi-coke. Cette proportion peut être modifiée par l'adjonction d'autres matériaux « inertants » (calcaire) destinés à entraîner une augmentation de la rétention du chlore dans le semi-coke (au détriment des gaz). La répartition du chlore est alors modifiée jusqu'à 2 % (dans le gaz), 98 % (dans le coke). Le chlore peut ensuite être purgé par simple lavage (dechloruration). Le chlore est capté par l'eau qui peut alors être traitée sans difficulté.

Pour fabriquer de la dioxine, il faut trois conditions : du chlore, de l'oxygène, une certaine température (de l'ordre de 300 à 400° C). En incinération, la dioxine est d'abord détruite par la chaleur pour se reformer au moment du refroidissement. En thermolyse, les conditions ne sont donc pas réunies, puisque, s'il y a bien du chlore, il n'y a pas d'oxygène (c'est le principe même de la thermolyse). Quand on brûle le gaz, ou qu'on brûle ou gazéifie le combustible solide, on retrouve les conditions qui pourraient permettre la reformation des dioxines, puisqu'on brûle avec de l'oxygène. Cette reformation n'apparaît cependant pratiquement pas, car on capte facilement le chlore dans le solide qui peut également être facilement lavé pour enlever le chlore et, dès lors, il manque la première condition pour fabriquer la dioxine. Le solde éventuel (puisque le chlore n'est pas totalement éliminé) peut être filtré par charbon actif lors du traitement des fumées.

Exemple du procédé Eddith. Une tonne entrante de déchets génère :

- ✓ 390 kg de gaz, utilisés (brûlés) sur site et épurés,
- ✓ 240 kg de coke,
- ✓ 50 kg de métaux,
- ✓ 60 kg de verre, pierre et inertes,
- ✓ 10 kg de chlore dans les eaux de lavage.

Les 240 kg de coke sont éventuellement valorisés ailleurs. Il restera environ 100 kg de cendres.

■ Références/ niveau de développement

La seule référence française pour les ordures ménagères résiduelles est le procédé EDDITH de Thide Environnement, à Arras.

Cette unité est en service depuis 2004 et l'on devrait en principe disposer des résultats au cours de l'année 2007, et d'un recul suffisant dans 2 à 3 ans.

Les références au Japon sont difficiles à extrapoler, dans la mesure où la nature des déchets est très différente.

THERMOLYSE NON INTEGREE OU SIMPLE	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Adapté aux faibles capacités ■ Faible volume de fumées faciles à traiter, sur le site de thermolyse (combustion des gaz) ■ Valorisation énergétique ■ Possibilité de traiter d'autres déchets que les OM ■ Valorisation du résidu différée dans l'espace et dans le temps ■ Bien adapté aux variations de tonnage (50%-110%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Préparation préalable des déchets (broyage) ■ Technologie innovante ■ Faible niveau de développement ■ Risque financier à gérer ■ Investissement lourd ■ Incertitudes sur les filières de valorisation du résidu carboné : produit non identifié par la réglementation ■ Chaîne non complète (pas alternative à l'incinération)

■ Avantages :

On peut stocker et transporter facilement le coke pour l'utiliser ailleurs et/ou à un autre moment.

La technologie est adaptée à des capacités moyennes et aux variations de tonnage. On s'inscrit plus facilement dans un concept de traitement local, ce qui peut faciliter l'émergence des projets.

■ Limites :

Le procédé est incomplet tant que l'on ne maîtrise pas la totalité de la filière, en particulier celle de la valorisation du coke.

La dernière expertise du procédé EDDITH, en décembre 2003, montre que la problématique de la valorisation du sous-produit carboné reste préoccupante.

Si cette valorisation n'est pas réalisée in situ, les pollutions occasionnées, mêmes faibles, sont transférées chez le voisin, ce qui peut être un frein très fort au projet.

L'équilibre financier est délicat et va dépendre, entre autre, des conditions de valorisation du résidu carboné.

Compte tenu du caractère innovant de cette technique, une approche particulière doit être adoptée afin que les collectivités n'aient pas à assumer seules les risques.

2.2.3 THERMOLYSE INTEGREE

THERMOLYSE INTEGREE	
<ul style="list-style-type: none">■ Principe : valorisation in situ du résidu carboné■ Flexibilité dans le fonctionnement■ Faibles à grosses capacités de traitement (4 000 à 225 000 t)	<ul style="list-style-type: none">■ Chaîne de traitement complète■ Référence :<ul style="list-style-type: none">✓ Islande (12 000 t)

- Principe :

Dans ce procédé, la valorisation du sous-produit carboné est réalisée dans la même installation que la thermolyse proprement dite ;

- Déchets traités :

Cette technologie traite les matières organiques, non synthétiques ou synthétiques. Elle s'adresse aux ordures ménagères résiduelles, aux déchets industriels, aux boues de STEP ;

Ces déchets doivent être broyés, calibrés et homogénéisés en tête de traitement ;

- Matériels disponibles sur le marché :

Les procédés sont variables selon les fabricants ;

On peut citer le procédé PIT PYROFLAM de Basse Sambre, le procédé THERMOSELECT, mais d'autres procédés sont aujourd'hui en cours de positionnement sur le marché européen et le marché français ;

Le procédé SOFTER de Nexus Technologies n'est plus disponible ;

- Plage de fonctionnement :

Le procédé PIT PYROFLAM vise des capacités de 0.5 à 6 t/h par ligne, soit de 4 000 à 40 000 t/an par ligne ;

- Sous produits :

Exemple du procédé PIT PYROFLAM. Une tonne entrante de déchets génère :

- ✓ 180-250 kg de résidus solides inertes ;
- ✓ 13-15 kg de REFIOM, dus au traitement des fumées de combustion du coke ;
- ✓ de l'énergie (2 030 kcal/kg) ;

- Références/ niveau de développement :

Cette technologie plus complexe que la thermolyse non intégrée est du coup moins développée.

THERMOLYSE INTEGREE	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorisation énergétique ▪ Technologie alternative à l'incinération ▪ Possibilité de traiter d'autres déchets que les OM ▪ Adapté aux variations de tonnage ▪ Chaîne complète de traitement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Préparation préalable des déchets ▪ Technologie innovante ▪ Risques techniques ▪ Risque de dérapage financier à gérer ▪ Investissement lourd ▪ Fonctionnement économiquement intéressant pour de grosses capacités uniquement ▪ Procédés énergivores

- **Avantages :**

Les mêmes que pour la thermolyse non intégrée, mais avec en plus la valorisation du résidu carboné ;

- **Limites :**

Cette technologie, développée en Allemagne et en Suisse, nécessite des unités de forte capacité pour rendre le coût de traitement acceptable ;

On notera néanmoins la mise en service d'une unité de 12 000 t/an en Islande, pour des OM résiduelles.

2.2.4 THERMOLYSE : ORDRES DE GRANDEUR FINANCIERS

- Un seul coût d'objectif connu en France : Arthélyse (Arras)

- ✓ Investissement : 25 millions d' € ;

- ✓ Coût global à la charge de la collectivité : 85 à 90 €/ tonne ; la différence avec le coût réel est supporté par le fournisseur-exploitant ,

- Même niveau de prix que les fours à grilles, mais coûts plus élevés (donc marges plus faibles) ;

- Un manque de recul industriel pour estimer les coûts réels.

Il est difficile de fixer les ordres de grandeur du coût de la thermolyse en France, dans la mesure où les principaux repères se situent dans des pays où les coûts du traitement thermique sont bien plus élevés qu'en France : Japon et Allemagne (prix supérieurs ou égaux à 150 €/t).

2.2.5 THERMOLYSE : CONTRAINTES ET AVANTAGES

THERMOLYSE	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combustible stockable ; valorisation différée (thermolyse non intégrée) ▪ Installation de traitement de fumées plus simple et volumes émis plus faibles (moitié de la combustion) ▪ Moindre production de dioxines et NOx ▪ Meilleure valorisation des métaux non oxydés ▪ Adaptation à des unités de taille moyenne 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Devenir de la fraction carbonée non identifié par la réglementation (saturation des filières industrielles : cimenteries,...) ▪ Avantages limités, si la fraction carbonée doit être incinérée sur le site ▪ Coût final encore mal maîtrisé ▪ Incertitudes vis-à-vis de l'hétérogénéité des OMR en France

Commentaire du Professeur Fontana, expert à l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (Sénat et Assemblée Nationale) :

« L'incertitude réglementaire sur l'utilisation du produit carboné n'est toujours pas levée, de sorte que dans l'état actuel des choses, il est souhaitable de prévoir, pour des déchets ménagers et assimilés, une unité de thermolyse associée à une unité de combustion du coke de thermolyse. En effet, malgré une pression insistante auprès des cimentiers, cette solution de valorisation semble difficile à mettre en œuvre, alors que ce coke, de granulométrie relativement fine pourrait être injecté au niveau des tuyères des fours en substitut du coke de pétrole. Pour l'unité d'Arras, un effort considérable a été entrepris pour le traitement du coke de thermolyse en vue d'une valorisation, mais les résultats semblent peu probants au vu de la discrétion qui entoure ce projet.

Dans la mesure où la valorisation du coke de thermolyse reste problématique, nous pensons que la gazéification de déchets (petites unités) pourrait être une alternative (tentatives en cours en France par GAZ CHECK TECHNOLOGY®).

En fait, la thermolyse génère moins de CO₂ que l'incinération car seul le gaz de thermolyse est brûlé. Mais après combustion du coke, la quantité totale de CO₂ produit est équivalente à celle de l'incinération directe du déchet. Par contre, le volume total de fumées engendré par thermolyse et post-combustion du coke est plus faible qu'en incinération directe car on peut travailler avec un beaucoup plus faible excès d'air compte tenu de la qualité de ces combustibles issus de la thermolyse. »

Sur son site internet, http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/Devenir/cadre_devenir.htm, l'ADEME annonce « Thermolyse : Un procédé nouveau à valider ».

L'ADEME produit 3 documents publics disponibles actuellement :

<http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/Documents/Thermolyse.pdf>

<http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/Devenir/Technique/Documents/PIT.pdf>

<http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/Devenir/Technique/Documents/EDDITH.pdf>

2.3 VITRIFICATION

2.3.1 DEFINITION

- chauffage à une température supérieure au point de fusion des constituants (1 300 à 1 500°C) ;
- formation d'un verre, dur et stable une fois refroidi : le vitrifiat ;
- plusieurs techniques :
 - ✓ torche à plasma (Europlasma) ;
 - ✓ induction (CEA pour déchets radioactifs) ;
 - ✓ procédé de fusion EDF (développé par Stein Heurtey).

2.3.2 VITRIFICATION : CONTRAINTES ET OPPORTUNITES

VITRIFICATION	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">▪ Stabilisation : destruction des dioxines, statut de déchet inerte et non dangereux, peut être recyclé (pavés, bordures de trottoir,...)▪ Réduction du volume (15% du volume initial pour les REFION)	<ul style="list-style-type: none">▪ Consommation d'énergie▪ Émissions gazeuses lors du traitement▪ Coût très élevé (350 à 650 €/t)

Dans l'état actuel des techniques disponibles, la vitrification est envisageable uniquement pour des déchets dangereux et les REFION, compte tenu de son coût très élevé.

- Déchets concernés :
 - ✓ REFION (Usine de Cenon- 3 000 tonnes/an, plusieurs UIOM au Japon,...) ;
 - ✓ Déchets d'amiante (Inertam dans les Landes) ;
 - ✓ Déchets radioactifs ;
- Intérêt dans le contexte des Alpes-Maritimes :

Pour les déchets ménagers, c'est un procédé complémentaire de l'incinération, pour traiter ses sous-produits.

Un projet de traitement des REFION (pour les Alpes-Maritimes et les départements voisins) pourrait s'apprécier à l'échelle de la région PACA dans le cadre de la révision du PREDD.

2.4 LA CO-INCINERATION EN CIMENTERIE

2.4.1 LE PRINCIPE

Le ciment est le résultat d'une roche artificielle appelée clinker, cuite dans un four à haute température (1 400 à 1 500° C).

Les matières premières évoluent dans le four « à contre courant » des gaz de combustion et de la flamme. En sortie de four, les poussières sont réintroduites dans le circuit. C'est sur la faculté d'absorption par le clinker que repose le traitement des déchets en cimenterie.



Four de cimenterie

2.4.2 L'ETAT DE L'ART ET LES REFLEXIONS SUR L'UTILISATION DE DECHETS SOLIDES

La plupart des cimenteries européennes sont équipées et autorisées pour utiliser des déchets solides et liquides comme combustible, depuis de nombreuses d'années.

Les cimenteries sont soumises aux mêmes exigences que les UIOM pour les émissions atmosphériques.

En France, plusieurs cimenteries utilisent des déchets solides comme combustible, après tri des impuretés (déchets contenant du chlore, comme le PV, contenu dans les sacs d'engrais, les tuyaux d'assainissement, gouttières, ...), puis broyage.

On citera à titre d'exemple, les cimenteries de S¹ Egrève (100 000 t/an de déchets) et Montalieu (240 000 t/an de déchets) qui utilisent des encombrants de déchèteries triés et broyés.

Pourtant, beaucoup d'installations nouvelles de traitement mécano-biologique ont une réflexion sur la production de combustibles : CALITOM (16), SEEDR (42), SYTRAD (26), SMITED (79), ...

Peu réalisent, à ce jour, des combustibles après criblage de la fraction grossière :

- SMITED (79) : extraction d'une fraction grossière envoyée en stockage en attente d'une filière de valorisation énergétique,
- Roanne (SEEDR – projet) : extraction d'une fraction grossière envoyée en stockage réversible dans l'attente d'une filière de valorisation énergétique.

2.4.3 CONTRAINTES ET AVANTAGES DE LA CO-INCINERATION EN CIMENTERIE

■ Principaux avantages

Possibilité d'incinérer des déchets à haut PCI (supérieur à 3 000 kcal/kg) sans être confronté aux contraintes économiques de l'incinération de déchets à haut PCI en UIOM (0,66 t de déchets à haut PCI pour une tonne d'ordures ménagères en UIOM).

■ Principales contraintes

- ✓ Création d'une filière : valider les besoins et la pérennité
 - les cimentiers sont très sollicités pour reprendre divers produits : farines animales, produits industriels (poudres de pneus, ...),
 - difficulté de contractualiser sur du long terme.
- ✓ Des valeurs hétérogènes de la fraction combustible
 - liées aux procédés et au conditionnement de cette fraction,
 - liées à la composition des OMR et à leur saisonnalité,
 - en concurrence avec des produits à PCI constants et plus élevés.
- ✓ Équilibre entre répondre aux besoins et économie de la filière délicat
 - coût de préparation et coût de reprise.

2.4.4 PROBLEMES RENCONTRES ET PRECONISATIONS

■ Filières à construire

- ✓ Important d'obtenir un engagement des constructeurs sur les caractéristiques de la fraction combustible des OMR produite par leur process
- ✓ Engagement des repreneurs sur des périodes déterminées (réalisation de tests)

■ Produits à conditionner pour être pertinents par rapport à des produits concurrents

- ✓ Trouver l'équilibre économique supportable pour la pérennité de la filière : entre séchage poussée et réalisable de combustibles à granulométrie fine (permet de proposer un produit aux caractéristiques constantes)
- ✓ Bien identifier les produits concurrents

2.4.5 ORDRES DE GRANDEUR FINANCIERS

- Coût de préparation d'un combustible (hors transport vers le centre de broyage)
 - ✓ 45 à 60 €/t en fonction de la granulométrie et de la siccité recherchée
- Coût de reprise par les cimentiers
 - ✓ 40 à 75 €/t en fonction de la préparation réalisée et des garanties de qualité apportées (hors transport entre centre de broyage et cimenterie)
- Coût global : 85 à 135 €/t
- Des coûts hétérogènes liés à la composition des déchets et aux caractéristiques finales des produits recherchés

2.5 SYNTHÈSE TRAITEMENT THERMIQUE

Procédés de Traitement thermique	Incinération			Thermolyse / Pyrolyse		Co-incinération en cimenterie
	Four à grille	Four oscillant	Lit fluidisé	Simple	Intégrée	
Principe	Traitement thermique par combustion en excès d'air			Traitement thermique en absence (thermolyse) ou en défaut (pyrolyse) d'air		
	Combustion en lit fixe avec injection d'air	Combustion en lit oscillant avec injection d'air		Combustion au sein d'un mélange déchets – sable maintenus en suspension par de l'air injecté	Pas de valorisation du résidu carboné sur site	
Type de déchets	OMr / refus tri / DIB / DASRI / Encombrants / boues STEP			OMr / DIB / boues STEP		Encombrants triés, DIB, boues séchées, déchets dangereux, farines animales, pneus, ...
Taille des unités	> 50 000 t/an	25 000-50 000 t/an	Taille des unités	> 50 000 t/an	5 000 – 80 000 t/an	50 000 - 200 000 t/an
Références France et Europe	Technologie confirmée 95% des UIOM en France	Technologie confirmée Montbéliard (25) Pontenx (40) Pontivy (56)	Références France et Europe	Technologie non confirmée Monthyon (77), Guerville/Mantes (78) Gien (45), Mulhouse (68), Doullens (80)	Technologie non confirmée Arras (50 000 t/an)	La plupart des cimenteries
Coût	80 à 120 €/t selon taille			Pas de connaissance des coûts sauf au Japon (> 150 €/t)		85 à 135 €/t Selon préparation, siccité et garanties apportées

Procédés de Traitement thermique	Incinération			Thermolyse / Pyrolyse		Co-incinération en cimenterie
	Four à grille	Four oscillant	Lit fluidisé	Simple	Intégrée	
Préparation du déchet	Homogénéisation	Homogénéisation	Broyage Homogénéisation	Broyage / Calibrage / Homogénéisation		Tri + broyage
Fonctionnement	Peu adapté aux variations de tonnages			Adapté aux variations de tonnages (dans une fourchette de 50 à 110% de la capacité nominale)		Adapté à des déchets homogènes à PCI constant
Combustion	Bonne	Bonne	Excellente	Pas de combustion mais décomposition déchet	Décomposition déchet et combustion du coke	Très haute température
Sous-produit	Mâchefer + REFIOM + Métaux	Mâchefer + REFIOM + Métaux	Mâchefer + REFIOM Production de cendres élevée	Gaz + Coke + Métaux + Eaux de lavage	Gaz + Coke + Métaux + Eaux de lavage Combustion coke sur site	Incorporés dans le clincker
Valorisation énergétique	Chaleur et/ou électricité	Chaleur et/ou électricité (souci petite capacité)	Chaleur et/ou électricité	Chaleur et/ou électricité		Chaleur
Valorisation sous produit	Valorisation métaux et mâchefer	Valorisation métaux et mâchefer	Valorisation métaux et mâchefer	Meilleure valorisation métaux mais coke difficile à valoriser	Meilleure valorisation métaux et combustion coke sur site	Pas de sous produit
Rejets atmosphériques	Contrôlés	Contrôlés	Contrôlés Moindre production de NOx et CO	Contrôlés Traitement de fumées plus simple et volumes émis plus faibles (moitié de la combustion) Moindre production de Dioxines et NOx		Contrôlés

3.1 INTRODUCTION

« Tout un chacun a une idée de ce que représente une « décharge », car toute société a toujours eu besoin pour se débarrasser de ses déchets, d'un moyen, d'un lieu, faisant office de « dépotoir ». Les plus initiés savent que les habitudes de nos grands pères de jeter leurs ordures, et plus généralement tous les déchets, sans précaution, dans le premier trou venu, ont bien changé au cours des dernières décennies.

Pour lutter contre les mauvaises façons de jeter, la réglementation s'est intéressée à ce mode d'élimination et la décharge du passé est devenue **contrôlée** (1975 à 1981). C'était bien l'expression d'une volonté et d'une nécessité de surveiller les effets et impacts sur l'environnement.

Progressivement, des règles techniques ont été édictées concernant le choix des sites de confinement ; la récupération des effluents gazeux et aqueux aux fins de traitement avant rejet, la sélection des déchets admis, le contrôle et la surveillance des exploitations, etc... Pour refléter cette modernisation, la décharge s'est alors appelée **centre d'enfouissement technique** (1980 à 1990).

Depuis les années 1990, des dispositions techniques très importantes, et radicales, ont été prises :

- choix de sites imperméables pour le confinement des déchets,
- étanchéité et drainage des fonds, des côtés et de la couverture des sites,
- forte sélection dans les catégories de déchets admis,
- conditions de rejet fixées en teneurs et en flux pour le biogaz et les lixiviats, ce qui nécessite obligatoirement des systèmes performants de collecte et traitement avant rejet,
- surveillance des sites au moins 30 ans après leur fermeture pour gérer la période postexploitation.

Pour marquer cette « révolution » dans le domaine, la réglementation a rompu avec le passé en donnant un nouveau nom : **les centres de stockage de déchets ultimes (CSDU)**. Cela sous entend que les déchets sont entreposés dans un lieu confiné, sans échange avec les milieux environnants (eaux souterraines, sol et atmosphère). Entre le stock de déchets et ces différents milieux, des dispositifs de sécurité et de protection sont aménagés sous forme de « barrières » :

On distingue :

- la barrière passive, généralement constituée d'une couche de sol imperméable plus ou moins épaisse (1 à 5 m) selon la nature des déchets, qui est l'écran, non sollicité pendant la vie normale de l'exploitation, mais qui sert de « rempart extrême » et qui minimise les effets sur l'environnement en cas de défaillance des dispositifs d'étanchéité et de drainage (d'où l'appellation de système passif),
- la barrière active, ou dispositifs sur lesquels il est possible d'agir pour prévenir tout accident ou pour minimiser par une action volontaire toute sollicitation de la barrière passive. Elle est constituée d'un écran étanche généralement à base d'un matériau géosynthétique ou membrane et d'un réseau de drainage composé d'un réseau de canalisations de collecte, disposées dans une couche de matériaux drainants.

De plus, dans la masse des déchets, si ceux-ci sont évolutifs et fermentescibles, un réseau de collecte des gaz formés (biogaz) est aménagé, de même qu'en superficie, sous la barrière passive de couverture.

Les barrières de confinement et de drainage ceinturent en principe la totalité du stock de déchets (le fond, les flancs et en couverture finale). En complément de cette forte évolution dans la conception des aménagements de sites de stockage, l'application des principes de précaution et de prévention a porté aussi sur les déchets eux-mêmes. La sélection des déchets admis a été régulée en fonction de la capacité des différentes barrières à endiguer leur possible réactivité et leur comportement à long terme.

Le concept général qui a présidé à ces choix d'aménagement et d'admission des déchets a été en définitive celui de permettre un **stockage permanent et définitif** de déchets peu évolutifs ou dont il est possible de maîtriser l'évolution et les impacts sur l'environnement, même en cas de défaillance à long terme des dispositifs de sécurité. Les stockages peuvent dès lors être qualifiés d'éco-compatibles. » - *Source : Hervé BILLARD.*

L'ADEME retient maintenant le terme **d'installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND).**

Les textes réglementaires les plus récents (19 janvier et 6 juin 2006) imposent aux exploitants des ISDND des mesures encore plus strictes sur les conditions d'acceptation des déchets (test de lixiviation en cas de doute ...), de telle sorte qu'aujourd'hui, les garanties apportées sur le stockage des déchets ne peuvent être contestées, à condition que l'exploitant respecte la législation en vigueur.

3.2 RAPPEL DU PRINCIPE D'UNE ISDND

Les ISDND sont des casiers dans lesquels les déchets sont stockés et subissent une lente dégradation.

Les ISDND « nouvelle génération » sont soumises à une réglementation très stricte afin de réduire les risques de pollution de l'air et de l'eau :

- étanchéité totale des casiers,
- récupération des lixiviats et du gaz par l'intermédiaire de drains.

Après remplissage, les casiers sont recouverts d'argile et de terre végétale sur laquelle une végétation est replantée.

Le biogaz récupéré est brûlé ou valorisé sous forme électrique et thermique.

La méthanisation naturelle en ISDND est généralement ralentie par l'assèchement des ordures dû à l'étanchéité et au dégagement de chaleur.

Aujourd'hui, l'impact environnemental des centres de stockage est maîtrisé mais le captage du biogaz et le rendement énergétique restent à améliorer.

De nouvelles pistes de réflexion (et d'actions) sont menées pour améliorer l'indispensable stockage des déchets résiduels :

- garantir le « zéro rejet » dans le milieu naturel (opération menée par TRIGONE au § 3.3.1),
- limiter les transports de déchets avec une décentralisation des sites de stockage (opération menée par TRIVALIS au § 3.3.2),
- accélérer la dégradation des déchets stockés en ISDND par recirculation des lixiviats au sein du casier : bioréacteur (voir § 3.3.3),
- disposer de centres de stockage couverts à proximité des zones d'activités, pour des déchets secs (au stade de la réflexion),
- réaliser un vide de fouille dans une ancienne décharge, par extraction et tri des matériaux.

3.3 EXEMPLES DE DEMARCHES INNOVANTES ENGAGEES SUR LE STOCKAGE EN ISDND

3.3.1 TRIGONE : OBJECTIF ZERO REJETS

3.3.1.1 Principe et contexte

- Les compétences du Syndicat Départemental Trigone (32) sont les suivantes :
 - ✓ Collecte : conseil et coordination + Mise en œuvre d'une communication adaptée ;
 - ✓ Transport : à partir des centres de transfert et évacuation des déchets collectés en déchèterie ;
 - ✓ Traitement : maîtrise d'ouvrage et exploitation des centres de transfert, ISD, centres de tri, Plateformes de compostage ;
 - ✓ Réhabilitation des décharges existantes ;
- Population desservie : 172 335 habitants (100% de la population départementale) ;
- Adhérents : 7 syndicats de collecte, la commune d'Auch et le Conseil Général du Gers.

Trigone, Syndicat Mixte Départemental pour le Traitement des Ordures Ménagères et Assimilées du Gers, a mis en place sur une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux une valorisation énergétique du biogaz pour le traitement des lixiviats.

L'objectif recherché dans cette opération par Trigone était :

- Rejet zéro dans le milieu naturel hydrique ;
- Valorisation du biogaz.

3.3.1.2 Bilan

- Caractéristiques de l'ISDND :
 - ✓ Implantation : Les Mounets (32) ;
 - ✓ Capacité de 30 000 t/an ;
 - ✓ Durée de vie : 10 ans ;
 - ✓ Production optimale de biogaz estimée à 300 Nm³/h de méthane (850 KW) ;
 - ✓ Quantité de lixiviats : 2 000 m³/an ;
- Description du procédé d'évaporation forcée :

Modules fermés équipés d'échangeur de chaleur, utilisant comme énergie résiduelle le biogaz du site, améliorant très sensiblement les capacités d'évaporation des modules ;
- Dimensionnement de l'installation de traitement hors bassin de lixiviats :
 - ✓ 4 modules d'évaporation ;
 - ✓ chaudière à eau chaude à partir du biogaz ;
- Montage de l'opération :
 - ✓ Délégation de la maîtrise d'ouvrage à la SEM départementale ;
 - ✓ Appel d'offres ouvert avec lot spécifique biogaz / traitement ;
 - ✓ Gestion de l'installation en régie ;

- Investissements et fonctionnement :
 - ✓ Coût travaux : 330 000 €HT ;
 - ✓ Coût de fonctionnement : 15 000 €/an ;
 - ✓ Coût d'exploitation : 20 €/m³.
- Principaux enseignements :
 - ✓ Le système est fortement dépendant des conditions atmosphériques (hygrométrie, températures, pluviométrie) et nécessite un dimensionnement du bassin de stockage des lixiviats en conséquence pour éviter des débordements en période d'évaporation défavorable ;
 - ✓ Le système est adapté à des sites de faible production de lixiviats.

Valorisation énergétique du biogaz pour le traitement des lixiviats	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Rejet 0 au milieu naturel ■ Valorisation du biogaz collecté in situ ■ Système simple au niveau de la maintenance ■ Coût de fonctionnement très bas (énergie des pompes uniquement) ■ Pas générateur d'odeur ■ Surface au sol réduite (15 à 20 fois moins qu'un bassin d'évaporation naturelle) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Difficulté à traiter de fortes quantités de lixiviats ■ Forte dépendance des conditions atmosphériques ■ Peu de production de biogaz en phase de démarrage d'exploitation et de post exploitation

3.3.2 LA CREATION DE 7 ISDND PAR TRIVALIS (85)

3.3.2.1 Principe et contexte

La dimension du département de la Vendée et la densité de sa population ont conduit au découpage de la Vendée en 7 bassins de 80 000 à 100 000 habitants.

Trivalis - Syndicat mixte départemental d'étude et de traitement des déchets ménagers et assimilés de la Vendée – a notamment comme objectif la création d'une ISDND par bassin sous maîtrise d'ouvrage publique soit au total 7 ISDND à l'échelle du département.

Chaque bassin se dote ainsi des équipements de tri, de compostage et de stockage afin de pouvoir responsabiliser les habitants, traiter leurs déchets au plus près de leur zone de production et limiter leur transport.

Les 7 projets de ISDND permettent d'enfouir les ordures ménagères résiduelles au plus près de leurs zones de production.

3.3.2.2 Caractéristiques des ISDND

Afin de limiter leurs nuisances sur l'environnement et de faciliter leur acceptation, les 7 projets de ISDND reposent sur les principes suivants :

- Installation située à plus de 400 mètres des habitations ;
- Capacité modeste de 30 000 t/an ;
- Emprise foncière limitée à 20 ha par installation ;
- Durée de vie de 20 ans environ ;
- Déchets admis provenant exclusivement du bassin sur lequel l'ISDND est implantée ;
- Déchets admis : les déchets ménagers non dangereux exclusivement (absence de déchets industriels banals) composés de :
 - ✓ Ordures ménagères résiduelles débarrassées de leur matière fermentescible après passage dans une usine de tri-mécano biologique ;
 - ✓ Tout venant non valorisable issu des déchèteries ;
- Les déchets sont mis en balle avant enfouissement pour limiter les envols ;
- Production de biogaz limitée et réduction de la charge organique des lixiviats par la quasi-absence de matière fermentescible dans les déchets à enfouir ;
- Traitement des lixiviats avec abattement de la DCO à une concentration deux fois inférieur au seuil imposé par l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 relatif aux installations de stockage des déchets ménagers et assimilés :
 - ✓ Arrêté de 1997 : DCO < 300 mg/l ;
 - ✓ Rejet ISDND Trivalis : DCO < 150 mg/l ;
- Mise en place d'un réseau de drainage sous les casiers en exploitation, au sein de la barrière passive naturelle dite « 5 mètres d'argile de perméabilité inférieure à 10^{-6} m/s » dans un double objectif :
 - ✓ Eviter que les remontées de nappe phréatique sollicitent la barrière active (complexe géomembranaire) ;
 - ✓ Analyser en continue la nappe phréatique en tout point dessous le casier pour vérifier l'efficacité de la barrière active.
- Certification ISO 14001 de l'ISDND.

3.3.2.3 Choix des sites pressentis pour l'implantation d'une ISDND

Pour créer les 7 ISDND, Trivalis a mis en place depuis 2002 un comité de pilotage par bassin. Son travail consiste, avec l'appui de cabinets experts, à déterminer le site le plus adapté à l'implantation d'une ISDND.

En parallèle Trivalis a constitué 7 comités consultatifs locaux, soit un par bassin.

Ces comités sont composés d'élus issus des collectivités adhérentes de Trivalis et des maires de communes d'accueil pressenties pour l'implantation d'une ISDND. Le comité consultatif valide les propositions du comité de bassin et propose au président du syndicat Trivalis et au Conseil Syndical les sites pressentis pour l'implantation d'une ISDND.

Par ailleurs, Trivalis a créé un comité consultatif des associations de protection de l'environnement composé de l'Adev (Association de Défense de l'Environnement en Vendée), l'AVQV (Association Vendéenne pour la Qualité de la Vie), Nature & Vie de Vendée, la Coordination Départementale des Déchets (Adeige, 4B, Apem, Arpe, Les Verts), l'Adeige (Association de Défense de l'Environnement et des Intérêts Grand'landais et de ses Environs) et les 4 B (Bourrier-Barbontes, Beautour-Bocage).

3.3.2.4 Mise en œuvre du projet d'ISDND

Trivalis a signé une convention avec la Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural (SAFER) pour l'accompagner dans l'acquisition de parcelles agricoles dans les zones favorables à l'implantation d'une ISDND.

Les indemnités pour les agriculteurs exploitant les terres acquises par Trivalis sont négociées en partenariat avec la Chambre d'Agriculture.

Une dynamique d'acceptation des projets d'ISDND est mise en œuvre par Trivalis selon les principes suivants :

- Réunions de concertation avec le monde agricole :
 - ✓ Animation de la réunion : Chambre d'Agriculture ;
 - ✓ Fréquence des réunions : mensuelle à trimestrielle selon l'avancement du projet ;
 - ✓ Participants : Représentant cantonal de la chambre d'agriculture, agriculteurs riverains, maire de la commune d'accueil, Conseil Général, Trivalis ;
- Réunions de concertation avec les riverains :
 - ✓ Animation de la réunion : Conseil Général ;
 - ✓ Fréquence des réunions : une fois tous les deux mois ;
 - ✓ Participants : Riverains, maire de la commune d'accueil, Conseiller Général, Trivalis, personnes influentes dans la commune d'accueil (commerçants, instituteur, pharmacien, médecin, associations locales de protection de l'environnement...).
 - ✓ Thème abordée : conception du projet, les accès routiers, les rejets dans le milieu extérieur,

Pour maintenir cette dynamique une fois l'ISDND mise en service, Trivalis prévoit des réunions d'échanges d'informations via les comités consultatifs locaux de bassin, en plus de la commission locale d'information et de surveillance (CLIS) présidée par le sous-préfet.

3.3.2.5 Les résultats provisoires

Le syndicat départemental Trivalis a mis en service en septembre 2006 sa première ISDND dans le bassin n°7 situé dans le nord est de la Vendée.

4 bassins ont retenus un site pour l'implantation d'une ISDND et sont actuellement dans une dynamique d'acceptation des projets. Les caractéristiques de dimensionnement des ISDND édictées par Trivalis, couplées aux différentes réunions de concertation et d'échange permettent, non pas de faire accepter les projets, mais de rassurer les riverains et d'inhiber les mauvaises rumeurs lancées par les détracteurs.

2 bassins n'ont toujours pas retenu de sites pour l'implantation de leur ISDND soit pour des raisons techniques (substrat géologique défavorable à l'implantation d'une ISDND sur l'ensemble du bassin) soit pour des raisons politiques (refus des élus des communes d'accueil pressenties pour l'implantation de l'ISDND).

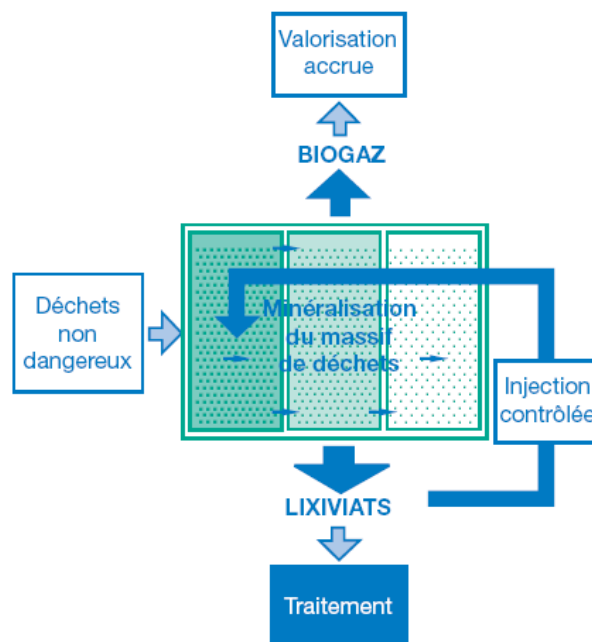
Trivalis élabore une charte avec la Chambre d'Agriculture afin de préserver les activités agricoles riveraines de l'ISDND. Cette charte définit les modalités du « point 0 » (état initial de l'environnement agricole avant l'implantation de l'ISDND) et les modalités de suivi annuel (évaluation des impacts sur les eaux de surfaces des exploitations voisines, sur les plantations dans les parcelles agricoles voisines, ...).

3.3.3 LE STOCKAGE EN BIOREACTEUR

3.3.3.1 Le principe du bioréacteur

Le principe du bioréacteur consiste à **accélérer la dégradation des déchets stockés dans une ISDND en leur apportant une humidité optimale notamment par la recirculation des lixiviats** au sein du casier.

Extrait de la plaquette FNADE – Le bioréacteur



La teneur en eau est le paramètre clé de la dégradation des déchets dans une ISDND et plus particulièrement la répartition de l'eau au sein du massif de déchets.

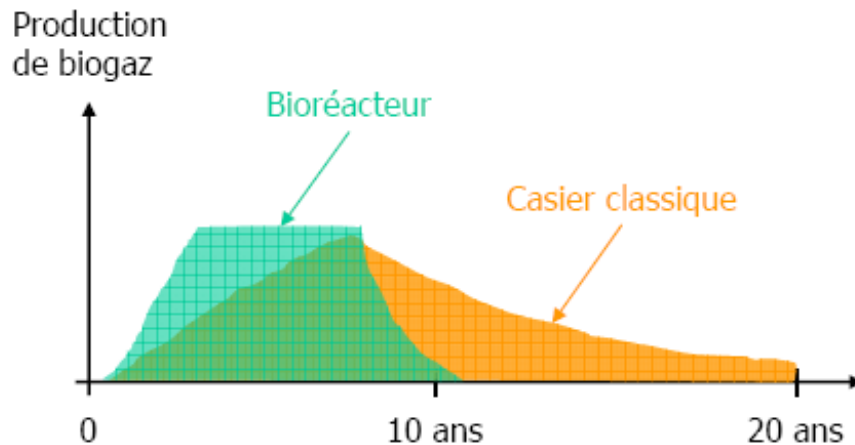
Le procédé bioréacteur peut comporter une préparation de charge facultative (broyage des déchets, déferrailage, injection de lixiviat + additifs + boues de STEP...). Plus généralement, c'est une fermentation accélérée en alvéole comprenant :

- un réseau de recirculation des lixiviats dans la masse,
- un contrôle des conditions de température et d'humidité,
- un ajustement des paramètres de réinjection en fonction des résultats du suivi réalisé (température, production de biogaz, ...),
- une collecte et si possible une valorisation du méthane (électricité et/ou chaleur).

Le bioréacteur se différencie du stockage par une gestion active du massif de déchets en vue d'une stabilisation rapide, sûre et contrôlée.

Cette gestion active a deux principales conséquences :

- **de réduire de moitié la durée de vie des casiers (10 ans au lieu de 20 ans) ;**
- **de récupérer plus vite de l'énergie.**



3.3.3.2 Aspect réglementaire du bioréacteur

La recirculation de lixiviat en France était uniquement autorisée à titre expérimental jusqu'en 2005.

L'arrêté du 19 janvier 2006 modifiant l'arrêté du 9 septembre 1997 modifié relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés introduit une telle technique dans son article 14 :

« ... La conception de l'installation de drainage, de collecte et de traitement de lixiviats doit faire l'objet d'une étude qui est jointe au dossier de demande d'autorisation. Cette étude tient compte, le cas échéant, des conditions de fonctionnement destinées à accroître la cinétique de production du biogaz, notamment par recirculation des lixiviats, pendant la période de suivi » .

De plus, dans la loi de finance du 26 décembre 2006, il est inscrit que les installations d'enfouissement avec bioréacteur sont exemptes de la TGAP.

3.3.3.3 Bioréacteur : avantages et contraintes

Les principaux avantages du bioréacteur sont les suivants :

- Diminution des émissions de gaz à effet de serre :

Limitation de la production de gaz à effet de serre par l'optimisation du captage du biogaz (réseau densifié) et par la mise en place de la couverture finale plus précocement ;

Ce point reste à nuancer car la production de gaz à effet de serre est importante durant la phase d'enfouissement (absence de couverture du casier) et la couverture n'est pas toujours imperméable (défaut de mise en œuvre ou altération dans le temps) ;

- Diminution des nuisances olfactives :

Limitation des risques de nuisances olfactives par l'optimisation du captage du biogaz (réseau densifié) et par la mise en place de la couverture finale plus précocement ; Ce point reste à nuancer car les nuisances olfactives sont importantes durant la phase d'enfouissement (absence de couverture du casier) ;
- Réduction de la charge organique et du volume des lixiviats :

Au fur et à mesure de leur recirculation, la charge organique des lixiviats diminue de manière importante ; La mise en place de la couverture finale plus précocement diminue le volume de lixiviats ;
- Réhabilitation plus rapide que dans le cas d'une ISDND classique :

Les tassements apparaissent à échéance plus courte ;
- Réduction de la maintenance des sites après la période d'exploitation ;
- Facilite les opportunités de valorisation du biogaz :

La production de biogaz est accélérée et accrue sur une durée plus courte : le captage du biogaz est optimisé ce qui rend sa valorisation moins contraignante.

Les contraintes du bioréacteur sont les suivantes :

- Technique en phase de développement en France ;
- Nécessité de casiers spécialement conçus ;
- Maîtrise de l'homogénéité des déchets au sein des casiers (sinon création de chemins préférentiels) ;
- Maîtrise du process (potentiel Red-Ox, température, pH, teneur en eau) ;
- Evolution de la densité des produits stockés (tassements différentiels plus importants) ;
- Performances réelles de captage du biogaz (surtout en phase de démarrage).

3.3.3.4 Mise en œuvre d'un bioréacteur

La recirculation de lixiviat nécessite :

- de la matière organique ;
- un système d'étanchéité en fond ;
- une couverture étanche ;
- un suivi des effluents (quantitatif et qualitatif, bilan hydrique) ;
- une collecte et une valorisation du biogaz ;
- un suivi de la stabilité du massif de déchets.

Ces exigences appellent une exploitation plus expérimentée qu'une ISDND classique.

3.3.3.5 Bioréacteur : Références

Quelques centres de stockage en France ont fait l'objet d'essais industriels de bioréacteur dont celui de la Vergne sur la commune de Grand'Landes en Vendée et le centre de stockage de Montech (82).

Le bioréacteur est une technique très en vogue aux Etats-Unis et en Asie.

3.3.3.6 Bioréacteur : Synthèse

Bioréacteur	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suivi et régulation de la dégradation des déchets ▪ Diminution de la durée d'activité des casiers ▪ Réduction de la charge organique et du volume des lixiviats ▪ Accélération de la production de biogaz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maîtrise délicate de l'homogénéité des casiers (création de chemins préférentiels) ▪ Maîtrise délicate du process (potentiel Red-Ox, température, pH, teneur en eau) ▪ Evolution de la densité des produits stockés (tassements différentiels) ▪ Nécessité de casiers spécialement conçus ▪ Technique en phase de développement (en France) ▪ Contraire à l'esprit de la Directive E 26/04/1999

3.3.3.7 Comparaison Bioréacteur et ISDND traditionnel

	ISDND traditionnel	Bioréacteur
Dégradation des déchets	Maîtrise après couverture casier	Maîtrise après couverture casier Suivi et régulation de la dégradation
Biogaz	Captage Traitement ou valorisation	Captage accéléré Valorisation
Lixiviats	Collecte des lixiviats Traitement avant rejet	Collecte des lixiviats Recirculation des lixiviats dans casier Traitement avant rejet d'un volume de lixiviats réduit et moins chargé en matière organique
Durée d'activité d'un casier	20 ans environ	10 ans environ
Coûts	60 à 100 € / t	Pas de recul
Emploi	1 salarié pour 10 000 t / an	Pas de recul Niveau de qualification plus élevé
Références	Nombreuses	Technique en développement
Impacts environnementaux	Contribution à l'effet de serre (Méthane 21 fois plus polluant que le CO ₂)	Contribution à l'effet de serre Economie d'énergie

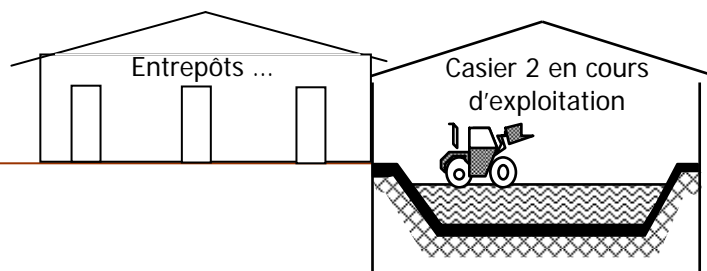
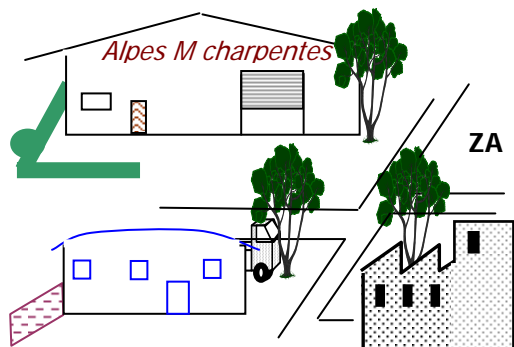
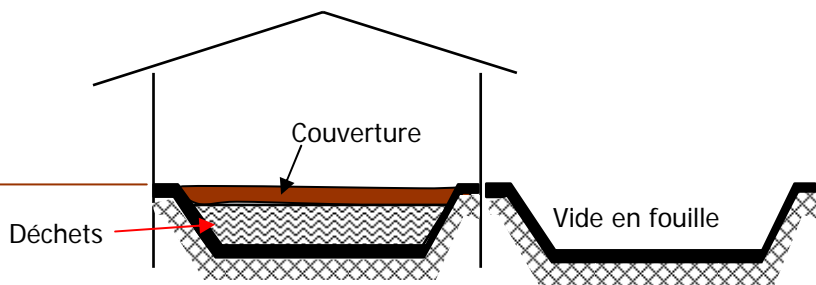
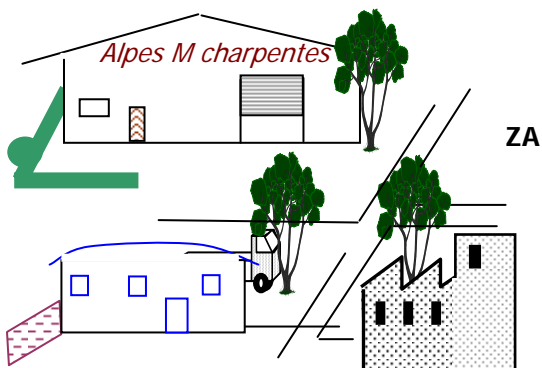
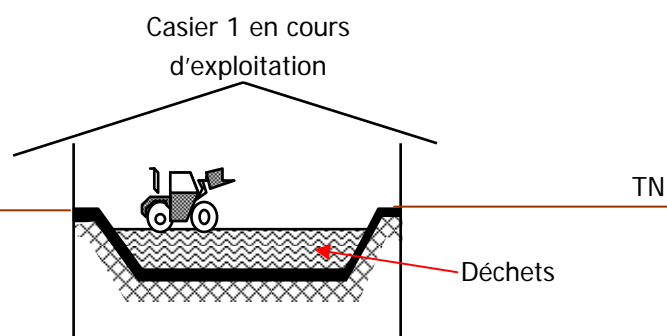
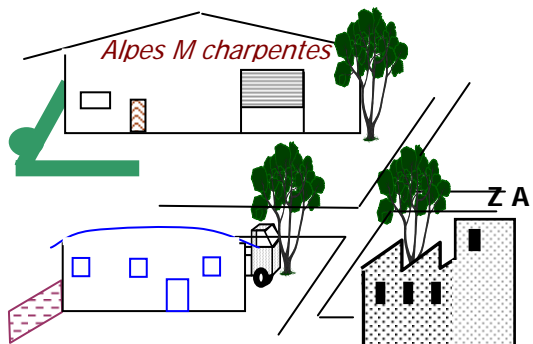
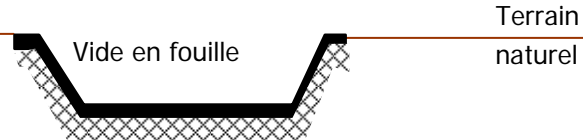
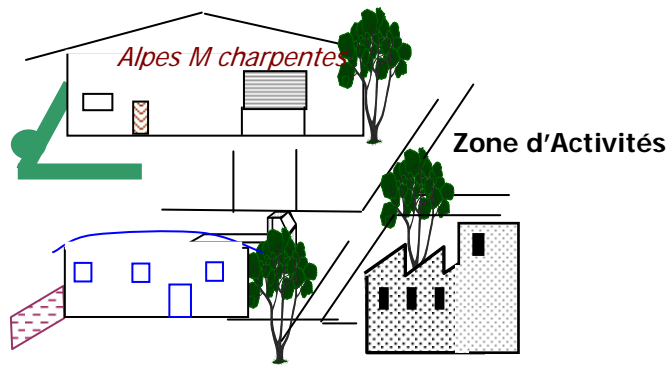
3.3.4 REFLEXION SUR LE STOCKAGE « COUVERT »

Cela fait 20 ans que l'idée a été lancée, sans concrétisation. Pourtant ce concept pourrait particulièrement trouver sa place, contiguë à une zone d'activités, dans une perspective de stockage « de proximité » de déchets peu évolutifs et secs.

La superficie couverte pourrait concerner :

- soit la zone en cours d'exploitation (couverture déplaçable),
- soit l'ensemble de la zone de stockage.

Dans la mesure où uniquement des déchets secs seraient admis, la surface du sol après stockage serait stable et pourrait être utilisée pour une activité, ultérieure selon le schéma page suivante.



Des activités de type « entrepôt » sont tout à fait compatibles sur le site de stockage de déchets, si ceux-ci ont été convenablement compactés. Le coût de la couverture pourrait ainsi être « partagé » entre l'exploitant du centre de stockage et le futur utilisateur de la surface couverte, ce qui rend l'opération intéressante pour les deux parties :

- coût divisé par 2 pour le futur utilisateur (200 €/m² sur la base d'un coût estimé à 400 €/m²),
- coût de 40 €/tonne de déchets sur la base d'un stockage de déchets sur 5 m de hauteur, mais pas de transport.

3.3.5 LE VIDE DE FOUILLE SUR UNE DECHARGE EXISTANTE

Cette activité est très intéressante dans certaines situations favorables, sur des sites anciens où :

- le tassement des déchets était faible, à défaut d'engin de compaction puissant et efficace (simple bouteur ou bull-dozer),
- la proportion de matériaux de couverture était élevée (cas fréquent pour des décharges contiguës à des carrières).

Dans de telles configurations, il est tout à fait pertinent d'extraire les déchets et d'en séparer trois fractions :

- les métaux valorisables,
- les minéraux, dont une part peut être lavée et réutilisée comme granulats,
- les déchets qui seront remis en décharge avec un taux de compaction beaucoup plus élevé et qui prendront ainsi beaucoup moins de place.

Sur le site de Penol (38), la collectivité a réalisé un vide de fouille qui lui a permis de gagner 50 % du volume, soit 300 000 m³.



Cette réalisation combinée à un programme poussé de réduction à la source (compostage domestique, ...) et à la création d'une unité de stabilisation mécano-biologique permettra de prolonger l'exploitation du site pendant près de 15 ans, pour cette collectivité qui gère aujourd'hui 35 000 t/an d'ordures ménagères et qui était dans l'impasse il y a deux ans.

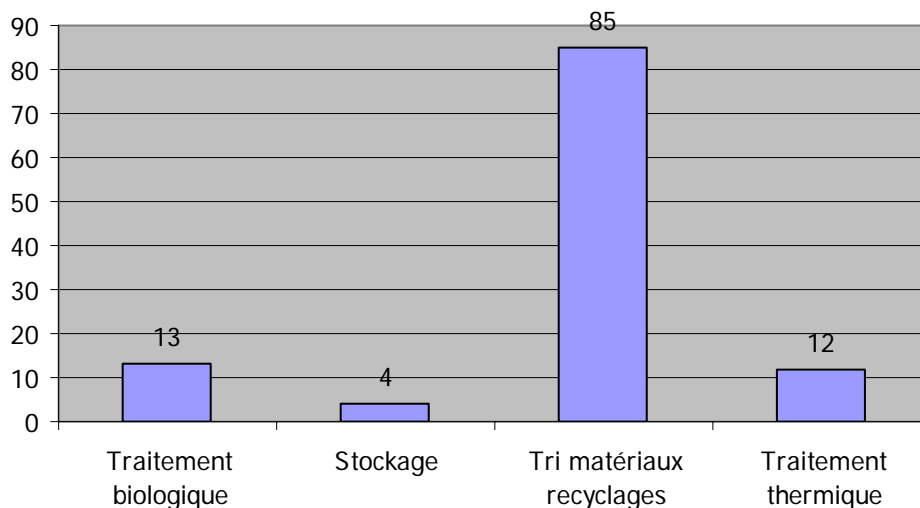
4 TRAITEMENT DES DECHETS RESIDUELS ET DEVELOPPEMENT DURABLE

Il s'agit dans ce chapitre d'analyser les différentes filières de traitement selon les trois composantes du développement durable : Social, Economique, Environnement.

4.1 TRAITEMENT ET EMPLOI

En valeur relative, le tri des matériaux recyclables (emballages, journaux magazines et papiers) est la filière de traitement qui génère aussi le plus d'emploi.

Nombre de salariés pour 40 000 t/an à partir de la base de données ITOM 2002 (Installations de Traitement des Déchets Ménagers et Assimilés)



Les petits centres de tri (moins de 5 000 t/an) génèrent plus d'emploi que les centres de tri importants (> 20 000 t/an) mais dans des conditions de travail plutôt mauvaises (troubles musculosquelettiques – TMS notamment).

On soulignera que la société Eco-Emballages préconise le développement de centre de tri plus important et plus mécanisé ce qui a pour conséquence notamment de diminuer le nombre de trieur par unité.

En valeur relative, le stockage reste la filière de traitement qui génère le moins d'emploi et qui expose les salariés à des risques liés à la nature même du déchet (risque chimique, risque cancérigène, risque biologique...). Notons que la mise en place de portique de détection de la radioactivité à l'entrée des centres de stockage a diminué l'exposition des salariés à la radioactivité de faible activité.

Les traitements thermiques et biologiques génèrent un nombre d'emploi quasi-équivalent en valeur relative.

Les risques générés par les activités de collecte, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets sont nombreux (organisationnels, posturaux, chimiques, biologiques...). Et ces risques sont souvent sous-estimés ou mal évalués.

Selon l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité), sur l'année 2003, les accidents du travail avec arrêt dans l'ensemble de l'activité concernant la collecte et le traitement des déchets sont environ 3 fois plus fréquents et plus graves que dans l'ensemble des activités relevant du régime général de la Sécurité sociale. Ces écarts ont tendance à se creuser (progression observée depuis les années 2000).

4.2 TRAITEMENT ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Il convient de distinguer deux types d'impacts :

- Impact de l'installation sur l'environnement global :
 - ✓ Consommation de matières premières non énergétiques (consommation en eau et en réactifs et valorisation des matériaux) ;
 - ✓ Consommation de matières premières énergétiques ;
 - ✓ Contribution de gaz à effet de serre (émissions de CO₂, CH₄, NO_x) ;
 - ✓ Contribution à l'acidification (émission de SO₂) ;
- Risque sur l'environnement local : fonction de l'implantation de l'unité et de la densité / sensibilité de la population riveraine
 - ✓ Toxicité : risques d'effets sanitaires induits par l'inhalation de polluants présents dans l'air ou par l'ingestion de sols contaminés ;
 - ✓ Ecotoxicité : impact des rejets sur les écosystèmes aquatiques et sur les sols ;
 - ✓ Nuisances : bruit, odeurs et occupation des sols.

4.2.1 CONSOMMATION DE MATIERES PREMIERES NON ENERGETIQUES

- Incinération :

La consommation en matières premières non énergétiques (MPNE) est liée à la consommation de réactifs pour le traitement des fumées et des eaux de chaudières, la consommation d'eau pour alimenter les chaudières et le traitement des odeurs éventuel, la consommation d'eau et de liants hydrauliques pour la stabilisation des REFOM.

Globalement, les unités d'incinération permettent de réaliser des économies de MPNE grâce à la valorisation des mâchefers et des métaux.

- Thermolyse :

La consommation en matières premières non énergétiques (MPNE) est liée principalement à la consommation d'eau pour le lavage du résidu carboné et, dans une moindre mesure, à la consommation de réactifs pour le traitement des fumées, des eaux de chaudières ...

Globalement, les unités de thermolyse permettent de réaliser des économies de MPNE grâce à la valorisation du résidu carboné, des mâchefers et des métaux.

- Compostage d'ordures ménagères résiduelles :

La consommation de MPNE sur les unités de compostage d'OMr se focalise sur l'eau utilisée par le procédé de traitement des odeurs et d'humidification des déchets. La récupération éventuelle des métaux et la production d'un amendement organique permettent de réaliser des économies de MPNE.

Globalement, les unités de compostage d'OMr permettent de réaliser des économies de MPNE.

- Chaulage d'ordures ménagères résiduelles :

Le chaulage d'OMr consomme des quantités non négligeables de réactif à base de chaux et d'eau pour le mélange avec la chaux et pour l'éventuel procédé de traitement des odeurs. Comme le compostage, la récupération éventuelle des métaux et la production d'un amendement organique permettent de réaliser des économies de MPNE.

Globalement, les unités de chaulage d'OMr ne permettent pas de réaliser des économies de MPNE.

- Méthanisation des ordures ménagères résiduelles :

La méthanisation d'OMr consomme des quantités non négligeables d'eau pour obtenir un mélange liquide d'OMr et pour le procédé de traitement des odeurs. Comme le compostage, la récupération éventuelle des métaux et la production d'un amendement organique permettent de réaliser des économies de MPNE.

Globalement, les unités de méthanisation d'OMr permettent de réaliser des économies de MPNE.

- Stockage après stabilisation :

La consommation de MPNE se focalise sur l'eau utilisée par le procédé de traitement des odeurs et d'humidification des déchets lors de la stabilisation. La récupération éventuelle des métaux permet de réaliser des économies de MPNE.

Globalement, le stockage après stabilisation ne permet pas de réaliser des économies de MPNE.

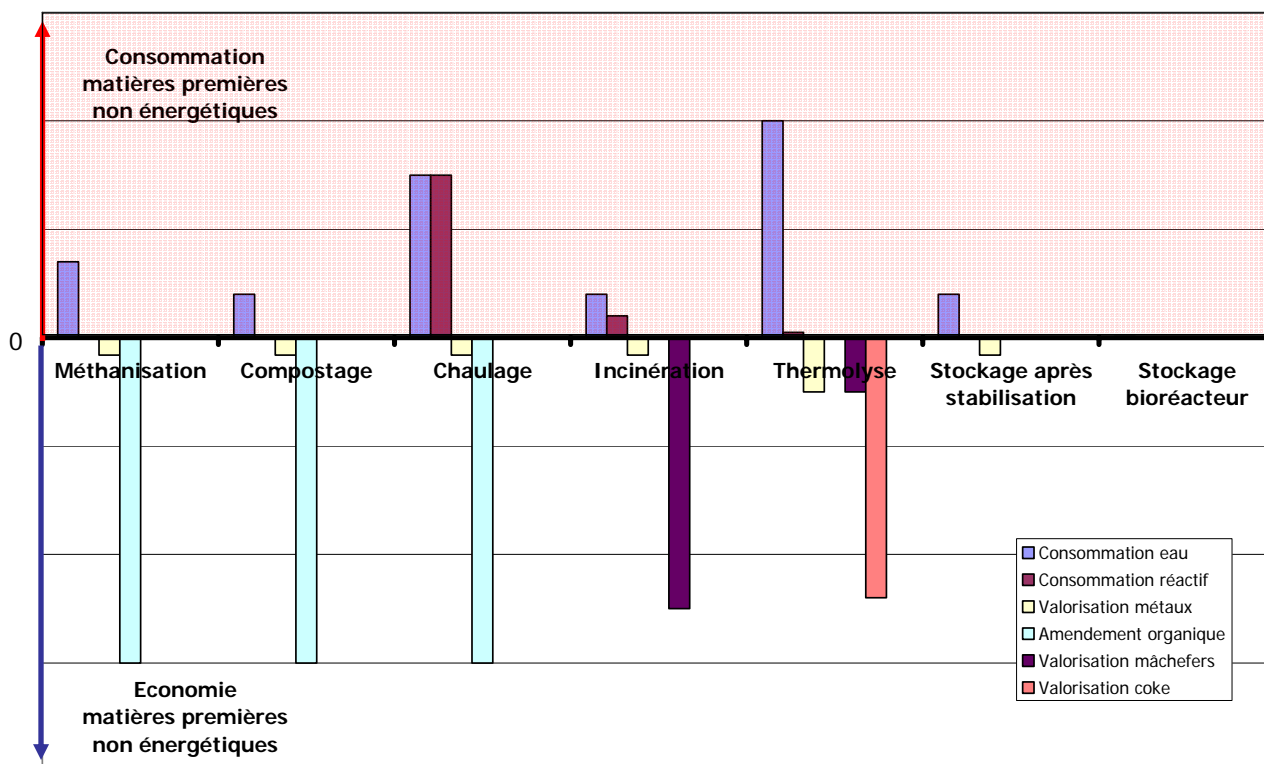
- Stockage en bioréacteur :

Les consommations de MPNE sont très faibles puisqu'elles proviennent uniquement des eaux sanitaires voire des réactifs pour le traitement des lixiviats.

Il est délicat de comparer globalement les différents types de traitement sur la base de leur consommation de matières premières non énergétiques dans la mesure où celle-ci dépend de nombreux facteurs non définis au stade de cette étude : Process industriel (la consommation d'eau est différente sur un incinérateur avec traitement des fumées par procédé sec ou humide), procédé de traitement des odeurs (la quantité d'eau consommée est différente si l'on traite les odeurs avec un biofiltre ou par un traitement physico-chimique), filières de valorisation (les quantités valorisées sont différentes si le compost d'OMr est conforme à la norme NFU 44-051), ...

Néanmoins, le graphique ci-dessous permet de **comparer en valeur relative et globalement** l'impact des types de traitement sur la consommation de matières premières non énergétiques. L'interprétation de ce graphique doit être effectuée avec les réserves que cela impose.

Ordres de grandeur relatifs de la consommation de matières premières non énergétiques selon le type de traitement des déchets ménagers et assimilés



4.2.2 CONSOMMATION DE MATIERES PREMIERES ENERGETIQUES

- Incinération :

La consommation d'énergie est liée à la consommation de combustibles d'appoint (démarrage et maintien température si PCI trop faible), à la consommation de carburant pour l'évacuation des résidus (REFIOM) et sous produits (mâchefers) et au traitement par stabilisation des résidus (REFIOM).

Néanmoins, l'incinération permet de produire de l'énergie par valorisation thermique, électrique ou par cogénération. De plus, la valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction énergivore d'une quantité équivalente de métaux.

Globalement, les unités d'incinération permettent de réaliser des économies d'énergie.

- Thermolyse :

La consommation d'énergie est liée principalement à la consommation de combustibles d'appoint (démarrage), à la consommation de carburant pour l'évacuation des résidus et sous produits (résidus carbonnés, résidus chlorés, inertes voire REFIOM) et, le cas échéant, au traitement par stabilisation des REFIOM.

Néanmoins, la thermolyse permet de produire de l'énergie par valorisation thermique, électrique ou par cogénération. De plus, la valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage, dans des quantités plus importantes que pour l'incinération, évite l'extraction énergivore d'une quantité équivalente de métaux.

Globalement, les unités de thermolyse permettent de réaliser des économies d'énergie.

- Compostage d'ordures ménagères résiduelles :

La consommation d'énergie sur les unités de compostage d'OMr se concentre sur l'électricité du process (aération et mise en dépression pour traitement de l'air vicié) et pour les camions évacuant les résidus et le compost.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction énergivore d'une quantité équivalente de métaux.

Globalement, les unités de compostage d'OMr ne permettent pas de réaliser des économies d'énergie.

- Chaulage d'ordures ménagères résiduelles :

Le chaulage d'OMr consomme des quantités non négligeables de réactif à base de chaux dont l'extraction et le transport est particulièrement énergivore. Comme pour le compostage, le chaulage consomme de l'électricité (mise en dépression pour traitement de l'air vicié) et du carburant pour les camions évacuant les résidus et le compost.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction énergivore d'une quantité équivalente de métaux.

Globalement, les unités de chaulage d'OMr ne permettent pas de réaliser des économies d'énergie.

- Méthanisation des ordures ménagères résiduelles :

La méthanisation d'OMr consomme des quantités d'énergie équivalente au procédé de compostage et mais valorise de l'énergie sous forme d'électricité et/ou de bio-carburant et/ou de chaleur.

Globalement, les unités de méthanisation d'OMr permettent de réaliser des économies d'énergie.

- Stockage après stabilisation :

La consommation d'énergie est faible sur un centre de stockage et se focalise sur l'utilisation des engins sur le site et sur l'alimentation électrique des moteurs (réseau de drainage des biogaz et des lixiviats, torchère et station de traitement des lixiviats).

La quasi-absence de matière fermentescible après stabilisation ne permet pas de valoriser le biogaz sous forme d'énergie.

Globalement, le stockage après stabilisation ne permet pas de réaliser des économies d'énergie.

- Stockage en bioréacteur :

La consommation est plus élevée que sur un centre de stockage après stabilisation de part la consommation électrique des pompes de recirculation des lixiviats et de collecte du biogaz.

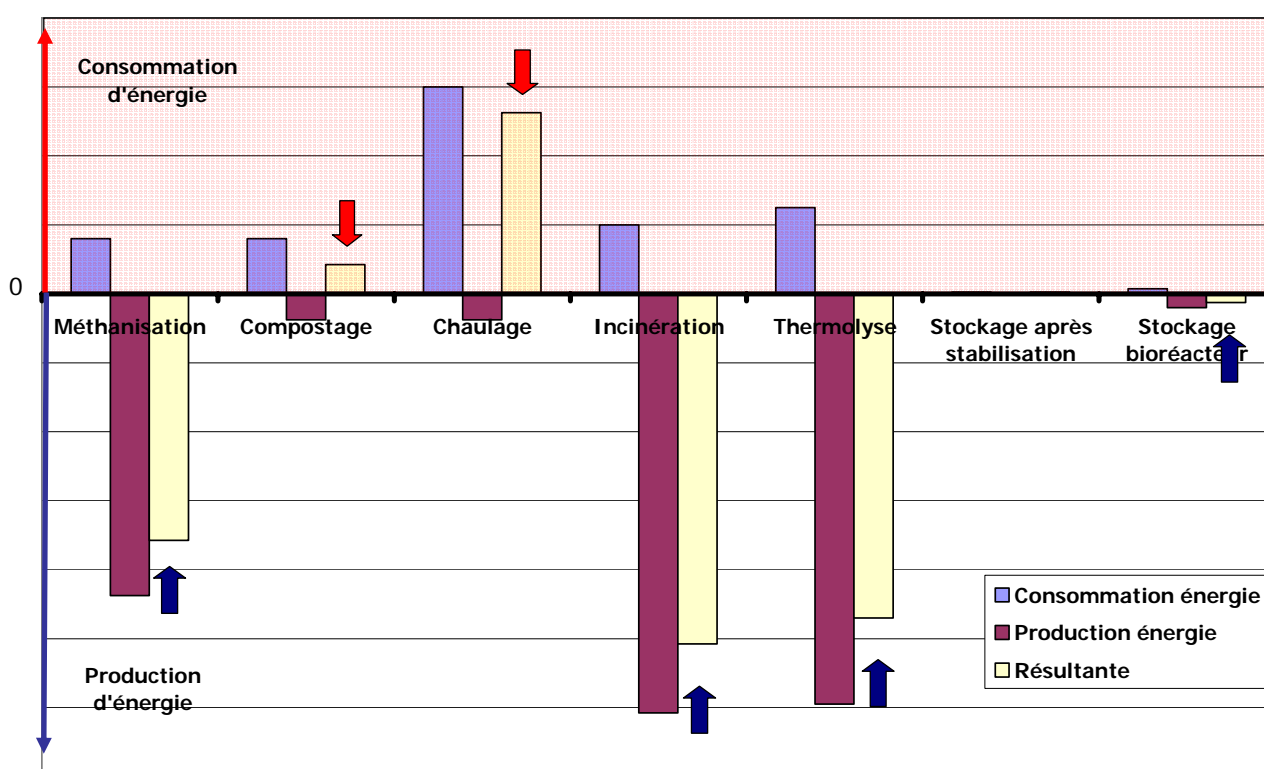
L'accélération du processus de méthanisation permet de valoriser le biogaz principalement sous forme d'électricité voire de bio-carburant.

Globalement, le stockage en bioréacteur permet de réaliser des économies d'énergie.

Il est délicat de comparer globalement les différents types de traitement sur la base de leur consommation énergétique, dans la mesure où celle-ci dépend de nombreux facteurs non définis au stade de cette étude : Process industriel (la consommation d'électricité est différente pour un compostage en tube ou en silo de fermentation), procédé de traitement des odeurs (la consommation d'électricité est différente si l'on traite les odeurs avec un biofiltre ou par un traitement physico-chimique), transport des résidus et sous produits (les consommations de carburant sont plus élevées si la filière de valorisation est éloignée de l'installation), ...

Néanmoins, le graphique ci-dessous permet de **comparer en valeur relative et globalement** la consommation énergétique par type de traitement des ordures ménagères résiduelles. L'interprétation de ce graphique doit être effectuée avec les réserves que cela impose.

Ordres de grandeur relatifs de la consommation d'énergie selon le type de traitement des déchets ménagers et assimilés



Remarque : les projets de centres de traitement en cours dans les Alpes-Maritimes (CVO...) prennent en compte les composantes environnementales (projets HQE), ce qui aura un impact favorable sur le milieu (moindres consommations d'énergie).

4.2.3 CONTRIBUTION DES GAZ A EFFET DE SERRE

■ Incinération :

La contribution à l'effet de serre est principalement due à l'émission de CO₂ dans les fumées. Dans une moindre mesure, le transport des résidus (REFIOM) et sous produits (mâchefers) émet des gaz à effet de serre.

Néanmoins, la valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis des gaz à effet de serre. Cet évitement ne compense pas la production de gaz à effet de serre.

Pour les UIOM, le bilan des gaz à effet de serre doit être approché dans sa globalité, avec d'une part une production de CO₂ provenant de la combustion des déchets et d'autre part une économie de CO₂ liée à la substitution d'énergie produite sous forme de chaleur (le gaz ou les produits pétroliers qui auraient été consommés pour produire de la chaleur auraient eux aussi produit du CO₂).

- Thermolyse :

La contribution à l'effet de serre est principalement due à l'émission de CO₂ dans les fumées (moins importante que celle de l'incinération). Dans une moindre mesure, le transport des résidus et sous produits (résidus carbonnés, résidus chlorés, inertes voire REFION) émet des gaz à effet de serre.

Néanmoins, la valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage (plus importante que dans le cas de l'incinération) évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis des gaz à effet de serre. Cet évitement ne compense pas la production de gaz à effet de serre.

Globalement, la thermolyse contribue à l'effet de serre.

- Compostage d'ordures ménagères résiduelles :

La contribution à l'effet de serre des unités de compostage est faible. Elle se limite aux émissions de CO₂ du transport des résidus et du compost.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis des gaz à effet de serre.

Globalement, les unités de compostage contribuent peu à l'effet de serre.

- Chaulage d'ordures ménagères résiduelles :

La contribution à l'effet de serre est principalement due à l'émission de CO₂ lors de l'extraction et du transport de quantités non négligeables de réactif à base de chaux. Dans une moindre mesure, comme pour le compostage, on comptabilise les émissions de CO₂ du transport des résidus et du compost.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis des gaz à effet de serre.

Globalement, les unités de chaulage d'OMr contribuent à l'effet de serre.

- Méthanisation des ordures ménagères résiduelles :

La contribution à l'effet de serre est principalement due à l'émission de CO₂ lors de la valorisation énergétique du biogaz et, dans une moindre mesure, lors du transport des résidus et du compost.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis des gaz à effet de serre.

Globalement, les unités de méthanisation d'OMr contribuent à l'effet de serre.

- Stockage après stabilisation :

La quasi-absence de matière fermentescible après stabilisation ne permet pas de valoriser le biogaz sous forme d'énergie. Néanmoins, le peu de dégagement de CH₄ durant la phase de remplissage de l'alvéole (à ciel ouvert) contribue à l'effet de serre.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis des gaz à effet de serre.

Globalement, le stockage après stabilisation contribue largement à l'effet de serre.

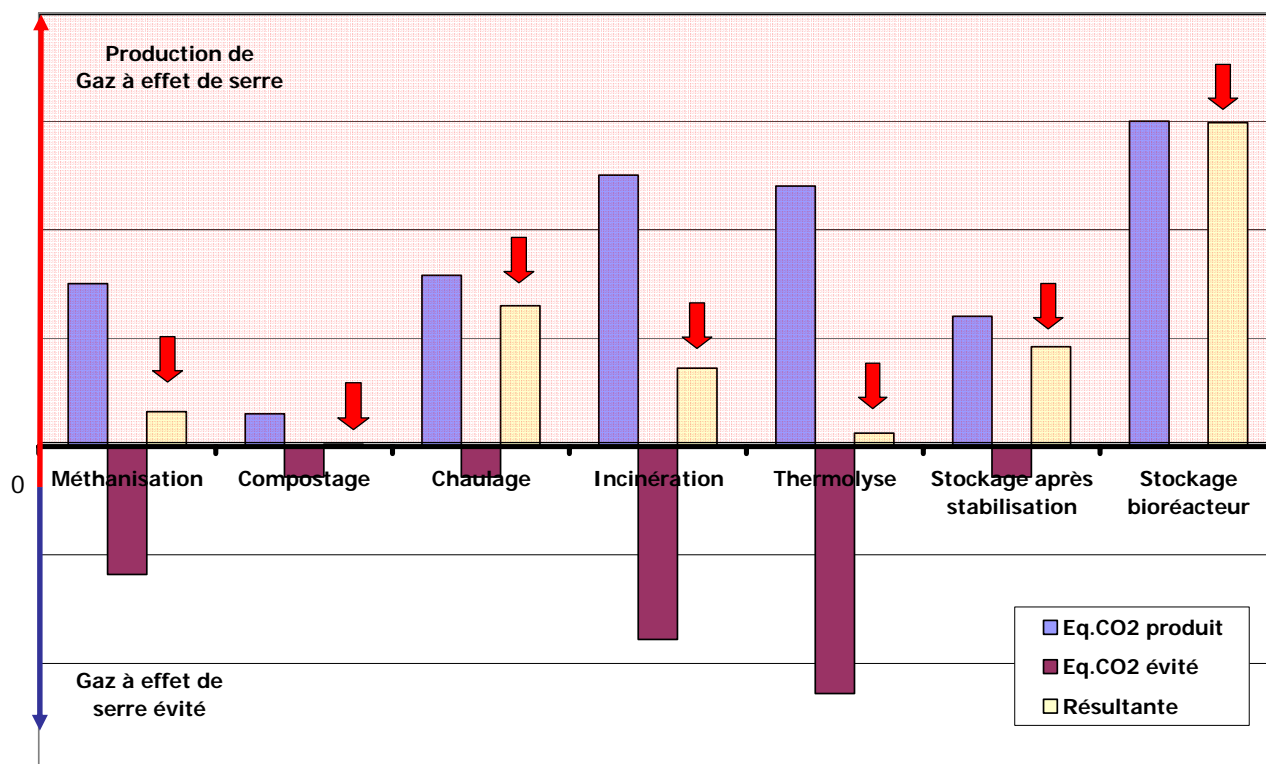
- Stockage en bioréacteur :

La contribution à l'effet de serre est due au dégagement de CH₄ durant la phase de remplissage de l'alvéole (à ciel ouvert). Dans une moindre mesure, l'émission de CO₂ lors de la valorisation énergétique du biogaz contribue à l'effet de serre. Globalement, le stockage en bioréacteur contribue largement à l'effet de serre.

Il est délicat de quantifier globalement l'effet de serre pour chaque type de traitement des ordures ménagères résiduelles, dans la mesure où celui-ci dépend de nombreux facteurs non définis au stade de cette étude : Process industriel (le dégagement de CH₄ sur une installation de stockage dépend notamment de la durée entre l'ouverture et la couverture des alvéoles), transport ...

Néanmoins, le graphique ci-dessous permet de **comparer en valeur relative et globalement** la contribution au gaz à effet de serre par type de traitement des ordures ménagères résiduelles. L'interprétation de ce graphique doit être effectuée avec les réserves que cela impose.

Ordres de grandeur relatifs de la contribution à l'effet de serre selon le type de traitement des déchets ménagers et assimilés



4.2.4 CONTRIBUTION A L'ACIDIFICATION

La pollution acide (ou pluies acides) est liée aux polluants acides (SO₂, NO_x, NH₃, HCl, HF) émis par les activités humaines qui retombent en partie à proximité des sources, mais aussi à des centaines, voire des milliers de kilomètres de leurs sources émettrices. Ces polluants retombent sous forme de retombées sèches ou humides. Pendant le transport, ces polluants se transforment. SO₂ et NO_x se transforment en sulfates (SO₄²⁻) et en nitrates (NO₃²⁻) dans le cas où l'atmosphère est sèche, ainsi qu'en acide sulfurique (H₂SO₄) et en acide nitrique (HNO₃) dans le cas où l'atmosphère est humide.

Les phénomènes de pollution acide à grande échelle ont été mis en évidence par l'acidification des eaux des lacs Scandinaves et Canadiens. Le pH des eaux est devenu acide entraînant des modifications importantes de la faune piscicole. Certaines pluies ont un pH compris entre 3 et 4 alors que l'eau pure a un pH de 5,6.

Les retombées acides ont des effets sur les matériaux (dégradation des édifices, monuments ou façades d'immeubles), les écosystèmes forestiers et les écosystèmes d'eau douce :

- Effets sur les matériaux :

Les matériaux sont essentiellement affectés par la pollution acide qui entraîne une dégradation des édifices, monuments ou façades d'immeubles. La pollution atmosphérique met en danger notre patrimoine culturel et occasionne d'onéreux travaux de ravalement de façades ou de restauration des monuments.

- Effets sur les écosystèmes forestiers

Les arbres vivent et dépérissent pour des causes naturelles très variées ne serait-ce que l'âge. Le dépérissement soudain constaté surtout depuis 1980 semble relever de causes tout à fait inhabituelles. Les responsables considèrent que la pollution atmosphérique est l'un des nombreux éléments participant aux dépérissements forestiers. En France, le programme DEFORPA (dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique) ainsi que des recherches en laboratoires, ont montré que les causes du dépérissement forestier sont très complexes telles que sols de mauvaise qualité, sécheresses anormales, présence de polluants dans l'atmosphère principalement la pollution acide et l'ozone.

- Effets sur les écosystèmes d'eau douce

L'acidification des lacs et des cours d'eau entraîne une destruction parfois irréversible de la vie aquatique. La baisse du pH provoque la mise en solution de métaux contenus naturellement dans le sol, comme l'aluminium toxique à l'état dissous pour presque la totalité des organismes vivants.

La contribution à l'acidification du traitement des déchets ménagers est la suivante :

- Incinération :

La contribution à l'acidification est due aux émissions de NO_x, SO₂ et HCL dans les fumées d'incinération et aux émissions de NO_x des transports et engins.

Néanmoins, la valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis du SO₂ et du H₂S contribuant à l'acidification. Toutefois, cette réduction n'est pas suffisante pour compenser l'acidification.

Globalement, les unités d'incinération contribuent à l'acidification.

- Thermolyse :

La contribution à l'acidification est similaire à l'incinération à la différence que les émissions de HCL dans les fumées d'incinération sont réduites.

Globalement, la thermolyse contribue à l'acidification.

- Compostage d'ordures ménagères résiduelles :

L'impact des unités de compostage sur l'acidification est faible et se limite aux émissions de NO_x des transports et engins.

La valorisation des métaux ferreux et non ferreux par recyclage évite l'extraction d'une quantité équivalente de métaux qui aurait émis du SO₂ et du H₂S contribuant à l'acidification. Toutefois, cette réduction n'est pas suffisante pour compenser l'acidification.

Globalement, les unités de compostage ne contribuent pas à l'acidification.

- Chaulage d'ordures ménagères résiduelles :

La contribution à l'acidification des unités de chaulage pourrait être la même que celle des unités de compostage.

Néanmoins on peut supposer que la réaction exothermique du chaulage des ordures ménagères résiduelles dégage des polluants atmosphériques à l'origine de l'acidification. Nous ne possédons pas assez de retour d'expérience sur cet aspect.

Le retour au sol d'un amendement organique issu du chaulage des ordures ménagères ne peut se faire que sur des sols acides (du fait du caractère fortement basique de la chaux présente), ce qui contribue à compenser l'acidification.

Globalement, on supposera que les unités de chaulage ne contribuent pas à l'acidification.

- Méthanisation des ordures ménagères résiduelles :

La contribution à l'acidification des unités de méthanisation est la même que celle des unités de compostage.

Globalement, les unités de méthanisation d'OMr ne contribuent pas à l'acidification.

- Stockage après stabilisation et stockage en bioréacteur :

Le stockage contribue à l'acidification à cause du H₂S présent en faible quantité dans le biogaz.

Globalement, le stockage contribue à l'acidification.

4.2.5 PRINCIPAUX ENJEUX SANITAIRES

Du fait de l'activité de traitement des déchets, les populations (travailleurs, riverains, population générale) sont susceptibles d'être exposées à diverses substances dangereuses et nuisances et par là même d'être confrontées à des risques potentiels.

Il ressort des études menées sur cette question que les niveaux de risques auxquels sont susceptibles d'être exposées des populations, sont très variables et dépendent de nombreux paramètres tels que :

- la nature des déchets concernés ;
- la nature des pratiques et des traitements mis en œuvre ainsi que des substances émises ;
- les performances techniques des installations ;
- les contextes d'implantation des installations (usage des terrains, ...) ;
- le comportement de la population ;
- la vulnérabilité des populations exposées ;
- ...

En ce qui concerne l'organisation du traitement des déchets et les équipements qui en découlent, les principaux enjeux sanitaires sont les suivants :

- **pour la gestion biologique des déchets** (avec ou sans retour au sol des déchets organiques stabilisés) : les investigations menées concernent essentiellement les travailleurs (en usine de compostage notamment, ainsi que les utilisateurs pratiquant les épandages). Les troubles identifiés semblent essentiellement respiratoires et digestifs. Les enjeux semblent liés majoritairement aux micro-organismes, et à certaines substances chimiques (métaux, composés organiques) ;
- **pour l'incinération et la co-incinération** : les enjeux sont liés aux émissions atmosphériques et concernent les riverains et la population en général. Les niveaux de risques apparaissent très dépendants des niveaux de performances des installations et très faibles pour les installations récentes et conformes aux réglementations en vigueur ; les résultats des derniers travaux publiés par l'AFSSA, le Ministre de la Santé et des Solidarités et l'INVS en 2006 sont présentés au § 4.2.5.2.
- **pour le stockage en ISDND** : les enjeux peuvent être liés aux substances chimiques ou aux micro-organismes, émis sous formes liquide ou atmosphérique. Le caractère diffus et différé des émissions génère des difficultés pour appréhender les risques. Les niveaux de risques pour les riverains apparaissent **dépendants de la nature des déchets enfouis et des pratiques d'exploitation**. Dès lors que les règles de conception et que les pratiques d'exploitation sont conformes aux réglementations désormais en vigueur, les niveaux de risques apparaissent très faibles.

4.2.5.1 Les risques sanitaires liés au traitement biologique des déchets

Une étude de l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement a analysé l'impact de ces installations sur les populations riveraines et leur exposition chronique, c'est-à-dire à long terme. Cet impact se traduit essentiellement par les rejets atmosphériques :

- les rejets canalisés : cheminée, biofiltre,...
- les rejets diffus : aire de réception, broyage, andains, aire de stockage, etc....

La voie de transfert la plus significative est l'inhalation des rejets atmosphériques sous forme gazeuse ou particulaire. L'ingestion n'est pas considérée ici car elle représente un moindre risque dans l'état actuel des connaissances.

Les différents types de substances concernés sont :

- les agents biologiques : ce sont principalement les agents biologiques d'origine fécale venant du produit brut qui sont à l'origine des risques sanitaires. On les retrouve sous forme particulaire dans le produit brut, leur concentration diminue plus ou moins au cours du procédé de fermentation en fonction de la fréquence de retournement et de la température. Pendant cette phase, les agents biologiques responsables du compostage se développent. Si le compostage est correctement mené, les agents biologiques d'origine fécale auront totalement disparus dans le produit fini et les agents biologiques responsables du compostage seront en faible quantité. La zone d'influence du site pour les agents biologiques est globalement de 200 m autour de l'installation.
- les éléments traces métalliques (ETM) : Ils sont présents tout au long du procédé sous forme particulaire, le compostage ne permet pas de les détruire.
- les Composés Traces Organiques (CTO) : Ils sont susceptibles de se dégrader au cours du procédé de compostage en fonction de leurs propriétés physico-chimiques et de leur sensibilité aux microorganismes.

Parmi ces différentes substances on peut distinguer :

- un risque cancérigène par inhalation : pulmonaire, sanguin, hépatique,...
- un risque non cancérigène par inhalation dont notamment des troubles respiratoires, rénaux, hépatiques,...

Le respect de la réglementation actuelle réduit considérablement les émissions de ces polluants et donc les risques potentiels.

4.2.5.2 Les risques sanitaires liés à l'incinération des déchets

L'impact sanitaire de l'incinération a fait l'objet de nombreuses études en Europe comme aux Etats-Unis. L'incinération de déchets produit de très nombreuses substances. Parmi celles-ci, seul un petit nombre présente, du fait de leur dangerosité ou des fortes quantités émises, un risque sanitaire potentiel ; on les appelle les « traceurs de risque ».

L'exposition à ces substances peut se produire directement par inhalation des polluants transférés dans l'air ou par ingestion de poussières par voie directe ou voie indirecte (via la chaîne alimentaire) :

- **exposition par inhalation** : cette voie d'exposition dépend, pour chaque polluant, de la localisation de l'incinérateur par rapport aux habitations d'une part et de la direction des vents dominants d'autre part,
- **exposition par ingestion** : cette voie correspond notamment à l'ingestion de retombées polluantes sur le sol par voie directe ou par le biais de la chaîne alimentaire. Le risque d'ingestion directe est plus élevé chez les enfants.

L'exposition à ces substances peut conduire à deux grand types d'effets toxiques : les effets cancérogènes et les effets non cancérogènes :

- les effets cancérogènes sont de deux types :
 - ✓ les effets cancérogènes génotoxiques qui altèrent les gènes, et pour lequel une dose très faible peut provoquer un effet à long terme : il n'a pas de seuil au-delà duquel la substance devient toxique,
 - ✓ les effets cancérogènes non génotoxiques pour lesquels on admet un effet de seuil : le produit devient toxique au-delà d'un certain niveau d'exposition ;
- les effets non cancérogènes (dermatites, irritations bronchiques,...) pour lesquels il existe également un effet de seuil.

Pour chaque substance, on définit une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) qui permet d'estimer le risque de survenu d'un effet indésirable du à l'exposition. Pour les effets sans seuil la VTR exprime la probabilité supplémentaire qu'un individu contracte un cancer, par rapport à quelqu'un de non exposé. Pour les effets avec seuil, la VTR représente le seuil en-dessous duquel l'exposition est sensée ne provoquer aucun effet durant toute une vie.

L'OMS, l'Union Européenne et le Conseil Supérieur d'hygiène Publique de France (CSHPF) publient des valeurs de références pour les principaux polluants.

❖ *Le cas particulier des dioxines*

Les dioxines sont les plus médiatisées des substances émises par l'incinération. C'est une famille de composés organiques chlorés. Elles se forment lors de la combustion d'éléments chlorés lors d'activités industrielles (fonderies, métallurgie, incinération), domestiques (feux de cheminée, brûlages sauvages) ou lors d'événements naturels (feux de forêts, éruptions volcaniques,...). Les dioxines sont très stables et ont la capacité de rester pendant des années dans un milieu (sol, végétaux) sans se dégrader.

Une fois absorbées par les ruminants ou les volailles, elles se fixent dans les graisses animales et se retrouvent dans le lait et les œufs. Elles peuvent alors pénétrer le corps humain par l'alimentation.

Les effets sur l'homme ont fait l'objet de nombreuses études. Une exposition massive (de type accident de Seveso) peut conduire être à des lésions cutanées, voire d'une altération de la fonction hépatique. A plus long terme, elle peut entraîner des perturbations du système immunitaire et du développement du système nerveux, des troubles du système endocrinien et de la fonction de reproduction. Enfin, la dioxine 2,3,7,8 - TCDD est reconnue comme agent promoteur cancérigène, c'est-à-dire qu'elle favorise les risques de cancer, sans le déclencher pour autant à elle seule. L'exposition à faible dose est moins bien connue ; elle fait l'objet d'une divergence de vue entre l'Agence pour l'Environnement Américaine (EPA) qui considère les dioxines comme toxiques sans seuil et les autres organisations (OMS, EU) qui considèrent les dioxines comme toxiques au-delà d'un certain seuil.

L'étude d'imprégnation par les dioxines publiée par l'AFSSA, le Ministère de la Santé et des Solidarités et l'INVS montre qu'aucun impact significatif des UIOM n'a été mis en évidence sur l'imprégnation en dioxines des populations riveraines (sang ou lait), en comparaison avec les résidents non soumis à une source connue de dioxines.

Cette étude a pourtant été réalisée sur 8 sites, avec des populations exposées au moins pendant 10 ans aux incinérateurs des années 80 à 90, dont les traitements de fumées de l'époque n'avaient rien à voir avec les équipements actuels.

En revanche, l'étude réalisée auprès des autoconsommateurs montre l'influence de la consommation de produits locaux, tels que les produits laitiers, les œufs et les lipides animaux, pour les UIOM anciennes. Il est toutefois important de noter, que pour les UIOM récentes, il n'y a pas de différence statistiquement significative parmi les autoconsommateurs entre les riverains de l'UIOM et les populations témoins non exposées.

Par ailleurs, cette étude a montré une plus forte imprégnation des agriculteurs, qui traduit donc une plus forte exposition aux dioxines et PCB que des autres personnes étudiées, **aussi bien en zone exposée qu'en zone non exposée** ; ce résultat devra faire l'objet d'analyses plus développées ultérieurement.

Le tableau suivant présente les principaux polluants ayant un impact sanitaire, leur effet ainsi que les principales valeurs de VTR utilisées.

Polluant	Effet sans seuil		Effet avec seuil	
	Risques par inhalation	Risques par ingestion	Risques par inhalation	Risques par ingestion
Dioxines	-	oui (EPA)	-	Oui (UE)
Particules (PM10 ou PM2,5)	oui	-	-	-
Plomb	-	-	oui	oui
Arsenic	oui	oui	oui	oui
Cadmium	oui	-	oui	oui
Nickel	oui	-	-	-
Chrome	oui	-	-	-
Mercure	-	-	oui	oui

Source : Institut Universitaire d'Hygiène et de Santé Publique

Les études de modélisation réalisées à partir des émissions conformes aux nouvelles limites concluent que les risques chroniques liés à l'ingestion ou à l'inhalation de polluant d'incinération sont inférieurs aux valeurs repères de risque habituellement établies par les organismes internationaux (OMS,EU ,EPA).

Plusieurs études épidémiologiques ont été menées et d'autres sont en cours, sans permettre de conclure sur les impacts sanitaires des usines ayant fonctionné avant 2005 avec des émissions supérieures ou bien supérieures aux réglementations actuelles.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut considérer que les valeurs limites d'émissions atmosphériques des UIOM adoptées par l'Union Européenne permettent d'atteindre des niveaux de risques très faibles.

4.2.5.3 Les risques sanitaires liés au stockage des déchets en ISDND

Les connaissances des risques sanitaires liés aux centres de stockage de déchets sont encore très parcellaires. L'analyse de la bibliographie existante, en particulier des travaux de l'Institut de Veille Sanitaire, met en évidence les éléments suivants :

- la voie de transfert conduisant à des expositions chroniques les plus significatives sur le plan sanitaire est la voie hydrique, dans le cas d'une contamination de ressources aquifères utilisées pour l'alimentation en eau potable,
- les dispositions réglementaires actuelles visent à empêcher tout transfert de lixiviats vers les eaux souterraines et de surface, en additionnant barrière active et barrière passive, et limitent très fortement ces risques,

- la voie de transfert « air » est également à prendre en compte à travers deux types de sources :
 - ✓ les sources canalisées : torchères pour la combustion du biogaz, chaudières, moteurs et turbines pour sa valorisation,
 - ✓ les sources diffuses : fuites de couverture et de réseau de biogaz, manutention des déchets dans le casier ouvert en exploitation, travaux d'aménagements, traitements des lixiviats et gaz d'échappement produits par les véhicules du site.

Le principal polluant à travers la voie air est l'hydrogène sulfuré, spécifique à cette activité, dont l'effet critique est l'irritation de la muqueuse nasale.

Les polluants odorants du biogaz (H₂S et mercaptants) sont susceptibles également d'entraîner des troubles organiques (maux de tête, nausées,...) et psychosomatiques (anxiété - « si cela sent mauvais, c'est qu'il y a quelque chose de dangereux », insomnie, malaise général,...)

L'émission de ces polluants de la voie « air » peut constituer un problème sanitaire de deux manières :

- par l'exposition continue à des teneurs élevées en hydrogène sulfuré (H₂S), dont le pouvoir irritant peut se manifester sur le site ou dans son voisinage immédiat, dans des conditions d'exploitation maximisant les pollutions,
- par l'exposition aux polluants odorants du biogaz, qui peut occasionner des nuisances olfactives jusqu'à des distances de 1000 m pour des sites importants, également dans des conditions d'exploitation maximisant les pollutions. Il faut bien préciser qu'il n'existe pas de liens systématiques entre la perception d'une odeur et un risque sanitaire.

L'étanchéification des casiers, le captage et le traitement des biogaz exigés par la réglementation actuelle des conditions d'exploitation, réduisent considérablement les émissions de ces polluants et donc les risques potentiels.

4.2.6 SYNTHÈSE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT DU TRAITEMENT DES DÉCHETS MÉNAGERS

Notion d'impact global sur l'environnement des installations de traitement des DMA

Type d'installation	Bilan énergétique	Contribution des gaz à effet de serre	Contribution à l'acidification
méthanisation	économie énergie moyenne	faible	nulle voire négative
Compostage	consommation énergie	faible	nulle voire négative
Chaulage	consommation énergie élevée	forte	nulle ou négative localement
Incinération	forte économie énergie	moyenne	forte
Thermolyse	forte économie énergie	faible	forte
Stockage après stabilisation	neutre	forte	faible
Stockage	faible économie énergie	très forte	faible

Notion de risque sur l'environnement local d'une installation de traitement des DMA

Type d'installation	Toxicité Eco-toxicité	Bruit / Odeur	Occupation de l'espace
méthanisation	risque sanitaire/personnel rejets lixiviats	risque d'odeur	Faible occupation
Compostage	risque sanitaire/personnel rejets lixiviats	risque d'odeur	Faible occupation
Chaulage	risque sanitaire/personnel rejets lixiviats	risque faible	Faible occupation
Incinération	risque sanitaire/personnel rejets atmosphériques	risque faible	Faible occupation
Thermolyse	risque sanitaire/personnel rejets atmosphériques	risque faible	Faible occupation
Stockage après stabilisation	risque sanitaire/personne rejets lixiviats	risque faible	Forte occupation
Stockage	risque sanitaire/personne rejets lixiviats / biogaz	risque d'odeur	Forte occupation

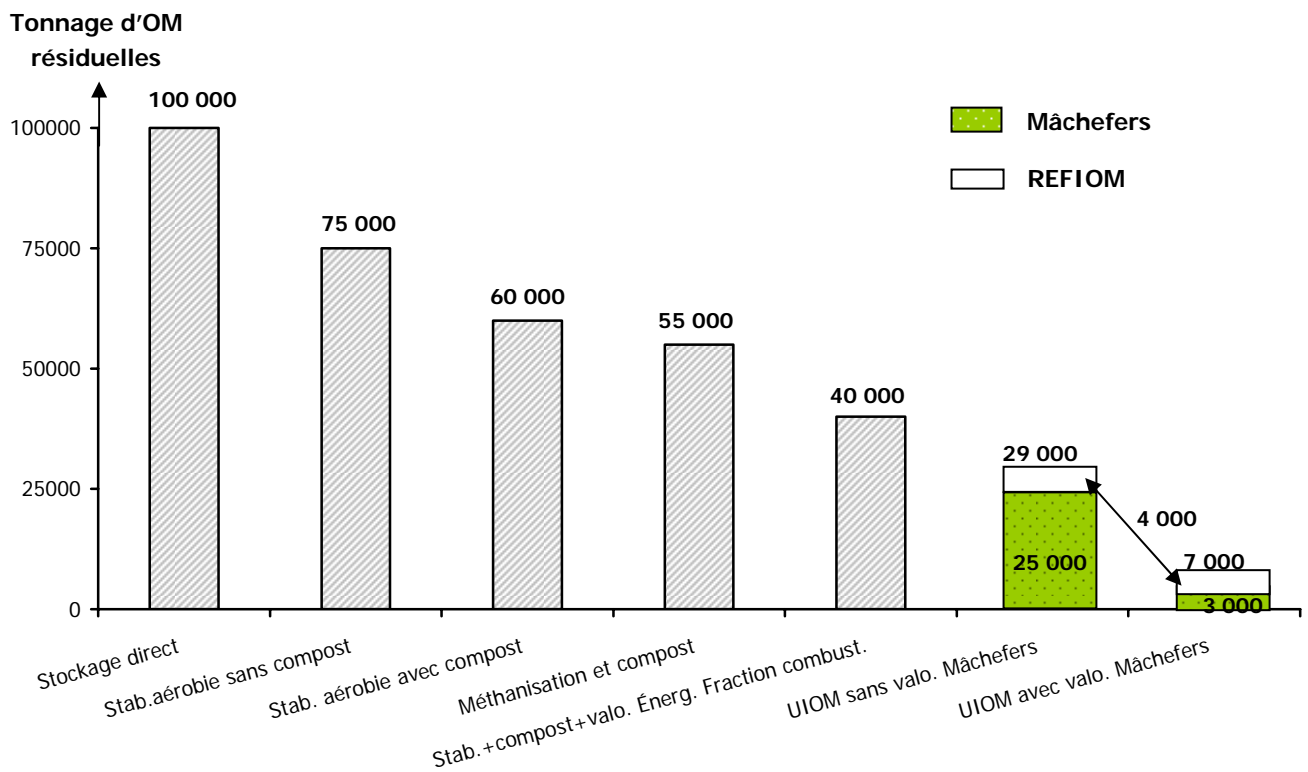
4.3 TRAITEMENT ET QUANTITES DE DECHETS ULTIMES A STOCKER EN ISDND

Le graphe ci-après présente l'impact du prétraitement ou du traitement des ordures ménagères résiduelles sur les quantités de déchets ultimes à stocker en ISDND. La simulation porte sur 100 000 tonnes d'ordures ménagères résiduelles.

Dans un département comme les Alpes-Maritimes, où les capacités de stockage seront toujours un facteur limitant, l'impact du mode de traitement préalable à l'enfouissement sera déterminant.

Le graphe page suivante fait ressortir deux points essentiels :

- sous le terme de stabilisation mécano-biologique, les quantités d'ultimes à enfouir varient dans des proportions de 1 à 2, selon la technique mise en œuvre et les débouchés disponibles (ou non) pour le compost et la fraction combustible,
- l'impact de la valorisation des mâchefers est déterminant pour le traitement thermique.



4.4 TRAITEMENT ET ORDRE DE GRANDEUR FINANCIER

Le tableau ci-dessous situe les enjeux des principaux modes de traitement, incluant le traitement des résidus (mâchefers, REFIOM, stockage en ISDND des déchets après stabilisation mécano biologique), pour une installation de 60 000 à 100 000 t/an. Il s'agit d'ordres de grandeur, compte tenu des variations liées au contexte local.

Pour les coûts de stabilisation, on a retenu comme hypothèse un coût de stockage en ISDND de 100 €/tonne enfouie, transport compris ; ce poste est déterminant dans le calcul du coût de la stabilisation mécano-biologique.

D'une solution à l'autre, les écarts sont peu significatifs et ce sont sur d'autres critères que le choix d'une solution par rapport à une autre devra être établi.

Type de traitement	Coût d'investissement M€	Coût de fonctionnement (€/t entrante)	Coût global (€/t entrante)
Mise en ISDND simple (transfert compris)			80 à 110 €/t
Stabilisation simple sans production de compost (transfert et stockage compris)	14 à 20	13 à 20 €/t	100 à 130 €/t
Stabilisation avec production de compost (transfert et stockage compris)	18 à 30	20 à 30 €/t	90 à 115 €/t
Stabilisation avec production de compost et valorisation énergétique de la fraction combustible en UIOM (transfert et stockage compris)	18 à 30	20 à 30 €/t	110 à 135 €/t
Stabilisation par méthanisation (transfert et stockage compris)	24 à 48	25 à 35 €/t Recettes déduites	105 à 140 €/t
Incineration (hors transfert, car proximité)	40 à 44	45 à 55 €/t Recette déduites	95 à 110 €/t
Thermolyse (hors transfert, car proximité)			> 150 €/t à l'étranger
Co-incinération en cimenterie (transfert compris)	40 à 44	45 à 55 €/t Recettes déduites	85 à 135 €/t

4.5 TRAITEMENT DES DECHETS ET ACCEPTATION DES INSTALLATIONS DANS LE BASSIN DE VIE

Lors des entretiens en février 2007 avec les EPCI et les communes des Alpes-Maritimes qui exercent la compétence collecte et/ou traitement des déchets, tous se sont accordés sur :

- le déficit de capacité de stockage en ISDND à très court terme,
- la nécessité impérieuse de disposer d'un ou plusieurs sites de stockage pour le département des Alpes-Maritimes,
- **la difficulté d'aboutir à l'ouverture d'une ISDND sur son propre territoire.**

Les Alpes-Maritimes font partie des nombreux départements français en pénurie de capacité de stockage des déchets ultimes.

En dehors du projet avancé de Massoins, les autres sites initialement pressentis pour créer une ISDND sont abandonnés ou rejetés.

L'aboutissement d'un projet de centre de traitement de déchets repose sur une démarche associant les élus décideurs et les riverains, dans la plus grande transparence totale. Si chacun reconnaît la nécessité absolue de disposer d'exutoires locaux, les principaux points d'achoppement de tels projets sont toujours les mêmes :

- les dispositions prises par les EPCI et les communes ne sont pas suffisantes pour limiter la production de déchets,
- le trafic de véhicules va créer une gêne pour la population,
- les déchets stockés sont une source de nuisances.

Par conséquent, 5 priorités s'imposent aux collectivités pour engager le dialogue avec les riverains et les usagers :

- 1) recenser des sites accessibles par camion sans traverser des zones habitées à proximité, peut être au prix de gros travaux de voirie (contournement, route spécifique à créer, ...) ;
- 2) agir efficacement pour réduire au maximum les quantités de déchets produits par les ménages et les entreprises, par tous les moyens possibles, en s'appuyant sur le respect de la réglementation et les dispositifs nationaux engagés par le MEDD :
 - ✓ mesures fiscales, par l'instauration de la redevance spéciale, obligatoire depuis 1993,
 - ✓ réduction de la production de déchets, en application du programme national de prévention du MEDD, avec une démarche exemplaire dans toutes les collectivités (mairies, établissements scolaires, administrations ...),
 - ✓ séparation des déchets dangereux,
 - ✓ renforcement des collectes sélectives auprès des ménages ;
- 3) faire subir aux déchets résiduels collectés en mélange un pré-traitement suffisant pour diminuer au maximum le volume des déchets résiduels à enfouir, afin de limiter au maximum le trafic vers les centres de stockage ;
- 4) stabiliser les matières organiques contenues dans les déchets résiduels pour que ceux-ci deviennent peu évolutifs et « secs », sans risques de mauvaises odeurs et autres nuisances (envols, ...) ;
- 5) intégrer les installations dans le milieu naturel et le bassin de vie. Cela concerne d'une part, l'intégration paysagère des centres de traitement (centres de stabilisation) et d'autre part, le choix du ou des sites de stockage.

Les critères de sélection des sites de stockage doivent au minimum respecter la réglementation en vigueur, avec notamment une bande de 200 mètres autour de la superficie exploitée. L'exemple théorique ci-dessous met en évidence que pour un site d'une superficie utile de 20 ha (400 m x 500 m), la superficie totale de l'ISDND sera de 72 ha.

ISDND de 72 ha avec :



Avec une superficie utile de 20 hectares et des déchets stockés sur 10 m de hauteur (hypothèse de travail), il est possible de stocker 2 000 000 t de déchets, ce qui correspond à une durée de vie de 7 ans pour les besoins actuels (270 000 t/an à La Glacière). Dans la perspective de l'arrêt des UIOM de Nice et Antibes, cette durée de vie serait divisée par 2, soit 3,5 ans.

Compte tenu de la pression foncière sur la frange littorale des Alpes-Maritimes (c'est-à-dire à proximité des zones de production), il y a très peu (ou pas) de sites de 40 à 80 hectares accessibles en camion sans gêne pour les populations et dont les caractéristiques géologiques sont conformes aux exigences de réglementation.

C'est pourquoi, dans une perspective de création de site de stockage à proximité des zones de production de déchets, afin de réduire au maximum les transports (sources de gaz à effet de serre et autres polluants atmosphériques), il serait préférable de choisir un site dont l'accès ne soit pas une nuisance pour les populations riveraines, et dont la barrière passive puisse être assurée par une couche de bentonite, si les conditions géologiques ne respectent pas les obligations réglementaires.

De tels dispositifs techniques performants permettraient ainsi de lever de nombreux obstacles et de se focaliser sur des sites qui offrent à la fois des garanties du point de vue hydrologique (fond de casier au dessus des plus hautes eaux), mais aussi le respect de la qualité du milieu de vie pour les populations riveraines.

Les 5 mesures ci-dessus devraient être suffisantes pour que l'ouverture de nouveaux centres de stockage soit acceptée par les usagers, et notamment les riverains, si un réel processus de concertation est engagé avec eux, en toute transparence, dès le démarrage de la démarche.