



Pré-traitement mécano-biologique des déchets :

diagnostic d'une installation

Avertissement :

Les données et résultats publiés dans cet article ont été obtenus lors d'une étude qui date de 2007. Ils ne préjugent pas des évolutions et améliorations qu'a pu subir l'installation depuis.

Le prétraitement mécano-biologique (PTMB) est souvent conçu comme une étape de « stabilisation » avant mise en décharge. L'expertise de l'usine de la communauté d'agglomération Ventoux-Comtat Venaissin met en lumière des marges de progrès importantes dans la conception de ces procédés.

Jacques VILLENEUVE, Philippe WAVRER, BRGM - j.villeneuve@brgm.fr
Henri VÉDRINE, Jean-Louis LAMBEAUX, Treiza Développement
Philippe THAUVIN, ADEME

La communauté d'agglomération Ventoux-Comtat Venaissin (CoVe) regroupe 25 communes du Vaucluse autour de Carpentras et compte près de 63 000 habitants pour près de 30 000 logements (données 2003). Le gisement de déchets représente 47 700 t dont presque 26 000 t d'ordures ménagères résiduelles (OMr), 7400 t de déchets verts, environ 6400 t de recyclables collectés sélectivement, 5500 t de gravats, 2500 t de déchets divers de déchèterie. 4,25 t de déchets spéciaux sont collectés et incinérés. Les OMr sont traitées par l'unité de PTMB implantée à Loriol du Comtat, qui fournit environ 1800 t de recyclables et 19 700 t de déchets « stabilisés ». ■

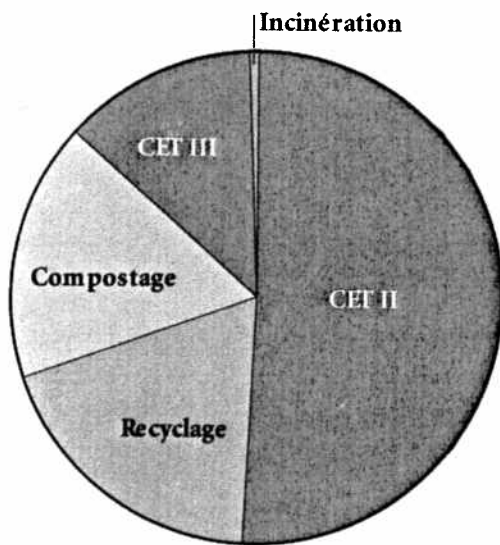


Figure 1 : Répartition des exutoires pour l'ensemble des déchets de la CoVe

- Mise en décharge de classe 2 : 51 % (dont 45 proviennent du PTMB)
- Recyclage : 19 % (dont 10 proviennent du PTMB)
- Compostage : 17%
- Mise en décharge de classe 3 : 13 %
- Incinération : <1 % (déchets spéciaux)

III Au final, les performances globales du système de gestion des déchets sont représentées par la figure 1.

L'installation de PTMB

L'unité de PTMB a été mise en service en avril 2003 pour une capacité de 30 000 t d'OMr par an. Le schéma de traitement (fig. 2) est constitué d'abord d'un trommel (crible cylindrique) équipé de couteaux ouvre-sacs. Le trommel sépare les déchets en trois flux : fins (< 80 mm), moyens (de 80 à 200 mm) et gros (> 200 mm).

La fraction grossière > 200 mm est dirigée vers une cabine de tri manuel qui permet de récupérer principalement les papiers-cartons, après qu'un overband ait déferrailé le flux de déchets. Ces matériaux (papiers-cartons et grosses ferrailles) sont valorisés par recyclage. Les refus de tri manuel sont compactés avant d'être envoyés en CSDU de classe 2.

Sous le trommel, la fraction fine < 80 mm est reprise au chargeur, puis entreposée dans un casier de la halle de stabilisation biologique.

La fraction moyenne (80-200 mm) sous trommel est séparée par un tapis balistique en une fraction lourde et une fraction légère, reprise au chargeur en même temps que les < 80 mm, puis entreposée dans la halle de stabi-

lisation biologique. La fraction lourde est déferrailée par une poulie magnétique, puis passe par une cabine de tri optique de type Mistral de la société Pellenc, installée depuis avril 2006, qui sépare automatiquement le flux de la fraction lourde déferrailée en PET, PeHD (valorisés par recyclage) et refus de tri optique. Ces derniers sont eux aussi entreposés dans la halle de stabilisation biologique.

Dans la halle de stabilisation biologique, le temps de séjour des déchets est au total de 3 semaines environ. Après avoir été humidifiés (à raison d'une tonne d'eau pour 3 t de déchets), les déchets sont entreposés dans un premier casier pendant 4 jours. Ils sont également

aérés par le dessous du tas ; c'est la période de démarrage de la dégradation pendant laquelle la température monte jusqu'à 65-70 °C. Le tas est alors repris pour être disposé dans un des autres casiers jusqu'à la fin du traitement.

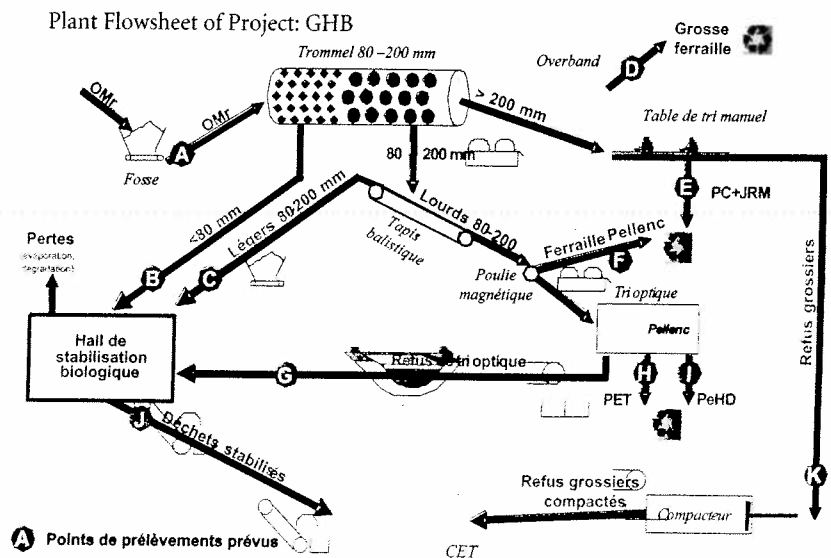
L'audit de l'unité de PTMB

L'audit de l'unité de Lorient-du-Comtat a permis de rassembler des données réelles sur les performances techniques du procédé et d'obtenir un bilan « instantané » du traitement, en vue d'évaluer le principe même de la stabilisation de la matière organique avant enfouissement.

Les données ou résultats « bruts » sont obtenus sur différents échantillons prélevés au sein de l'unité et sur les flux accessibles. La figure 2 représente la localisation des points d'échantillonnage.

Les mesures effectuées sur site concernent le débit de chacun des flux. Sur les échantillons, on détermine l'humidité, la composition Modecom (granulométrie et teneurs des catégories composant les déchets), ainsi que des caractéristiques physico-chimiques des

Représentation des flux



Environnement & Procédés

Figure 2 : Unité de TMB de Lorient - Points de prélèvement.

iii catégories (PCI, matière organique non synthétique MONS⁽¹⁾, teneurs chimiques, tests de stabilité de la matière organique). A partir de ces mesures, on établit les bilans de l'unité pour divers constituants de la matière : débit

total, débit de matière sèche, débit de MONS.

Les données expérimentales ainsi obtenues, même avec le plus grand soin, sont souvent entachées d'erreurs (essentiellement des erreurs d'échantillonnage),

d'une précision limitée et généralement incomplètes. L'illustration en est donnée dans les tableaux 1 et 2.

L'erreur de bouclage sur le débit total est faible (0,4 %). En utilisant les mesures d'humidité des flux, on établit un bilan similaire sur matière sèche, qui donne une erreur de 2 %. En utilisant les teneurs des catégories issues du Modecom, on établit un bilan par catégorie qui peut présenter des erreurs de bouclage importantes (tab. 2).

La MONS par flux est calculée comme la somme de la MONS de chacune des catégories, ce qui introduit encore une erreur supplémentaire. Il convient par conséquent d'être prudent dans l'utilisation de ces données brutes expérimentales et de recalculer des valeurs cohérentes au sens des équations de conservation de la matière. On établit donc un « bilan matière statistiquement cohérent » qui donne des estimateurs vérifiant les équations de bilans matière, tout en restant le plus proche possible des valeurs mesurées. Il est montré mathématiquement que ces valeurs calculées issues de la prise en compte de l'ensemble des mesures réalisées et de leurs incertitudes sont plus précises que les valeurs mesurées (la précision de la donnée la plus précise se « communique » aux autres données).

Principaux résultats du bilan matière.

Grâce aux données cohérentes, on calcule la répartition de la matière et de la MONS dans tous les flux. Sur le débit total, on obtient les résultats suivants (fig. 3) qui montrent que 73,1 % des déchets traités se retrouvent finalement en décharge, 16,4 % de matières sont valorisées et 21,5 % de matière est perdue sous forme d'évaporation et de dégradation de la matière organique.

Sur le débit de MONS, on obtient les résultats suivants (figure 4).

Sur ce dernier graphique, on voit très bien que plus de 45 % de la MONS va

Flux		Masses (en kg sur humide)
Sorties	A OMr	115 810
	B < 80 mm	26 196
	C Légers 80-200 mm	43 290
	D Grosse ferraille	420
	E PC + JRM	3 940
	F Ferrailles 80-200 mm	1 410
	G Refus tri optique	3 820
	H PET	320
	I PeHD	170
	K Refus grossiers	36 670
Somme Sorties		116 236
Entrée - Sorties		- 426

Tableau 1 : Débits totaux mesurés le 26 juin 2007.

	Entrée kg/h	Sommes sorties	(s-e)/e
Fermentescibles	385	629	63 %
Papiers	1 658	1 341	-19 %
Cartons	934	663	-29 %
Complexes	173	127	-27 %
Textiles	315	267	-15 %
Textiles sanitaires	236	322	36 %
Films	742	432	-42 %
PET	136	177	30 %
PeHD	102	70	-31 %
Autres plastiques	857	596	-30 %
Combustibles	314	435	39 %
Verres	681	426	-37 %
Métaux ferreux	307	270	-12 %
Métaux non ferreux	113	94	-17 %
Incombustibles	267	319	19 %
Spéciaux	164	561	242 %
Fines < 20 mm	2 784	3 440	24 %

Tableau 2 : Débits par catégorie mesurés le 26 juin 2007.

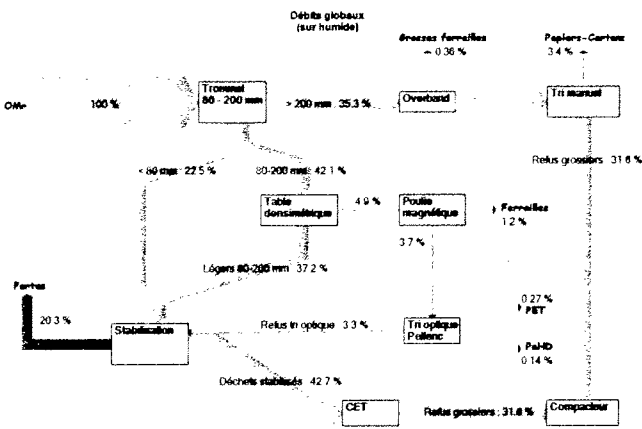


Figure 3 : Bilan matière cohérent - Débits globaux.

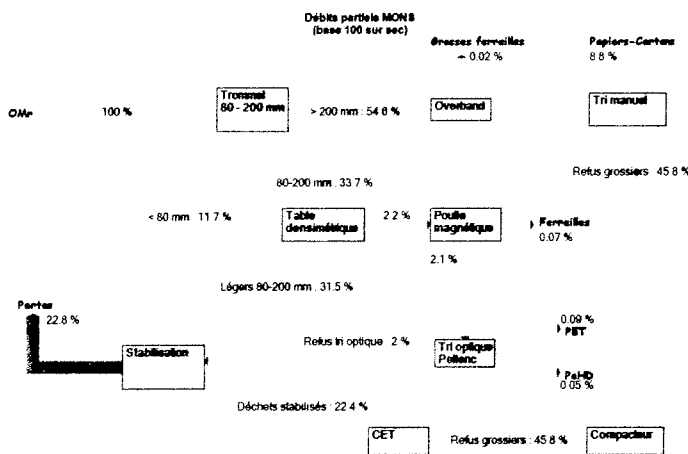


Figure 4 : Bilan matière cohérent - Débits MONS sur sec.

directement en CET, sans être stabilisée. On peut aussi noter que le flux « <80 mm » contient seulement un peu moins de 12 % de MONS, ce qui peut sembler très peu par rapport à ce que l'on aurait pu attendre en termes de composition du flux des fines. Il semble donc bien que l'efficacité du trommel, au regard de la récupération de MONS à destination de la stabilisation, ne soit pas optimale dans l'état actuel des choses et devrait pouvoir être améliorée.

Stabilisation

Le bilan de la stabilisation (tab. 3) montre que la perte totale de masse (32 %) est constituée pour environ 7 %

de la dégradation des solides et pour le reste, 25 %, de l'évaporation de l'eau. Par ailleurs, les tests de stabilité GB21 effectués sur le flux « stabilisé » montrent que le produit peut encore évoluer. Il semble que l'on dispose ici de marges de progrès importantes.

Sur la récupération de recyclables

Les matières recyclables sont extraites à partir des flux « gros » et « lourds ». Il est intéressant de noter que ces flux ne contiennent plus qu'environ les 2/3 des matières contenues dans les déchets (tab. 4).

La récupération de chacun des 5 matériaux extraits par rapport aux ordures

brutes est donnée tableau 5. On constate qu'il y a là aussi des marges de progrès importantes.

Comparaison des résultats de l'audit avec les données de l'exploitant

Les résultats de l'expertise et les bilans mensuels de l'exploitant sur une période correspondant aux conditions de fonctionnement des 6 mois précédant l'expertise (janvier à juin 2007) ont été comparés. Le tonnage traité lors de l'expertise est plus faible (de -17 %) que le tonnage moyen des 6 mois ayant précédé le jour du prélèvement. Les proportions des différents produits de l'usine varient dans le sens d'une meilleure récupération des produits valorisables (fer, plastiques) sur les < 200 mm, d'une plus grande proportion de fines produites et en conséquence d'une proportion plus faible de refus et une moins bonne récupération des cartons grossiers. La situation de l'expertise par rapport au fonctionnement normal semble donc être une situation « optimisée » par rapport à la moyenne.

Comparaison des résultats par rapport au marché d'exploitation et aux données constructeurs

On peut dégager le constat et les tendances suivantes :

— Le principal objectif qui concerne la réduction massive de la fraction fine. L'exploitant dispose d'un jeu de données de suivi des lots stabilisés qui indique un taux de 34 % de réduction massive. L'audit confirme le respect de l'objectif (32,3 %).

— Le critère de degré de maturité figurant au cahier des charges ne correspond pas aux analyses actuelles, donc impossibilité de confirmer le respect de ce critère.

— La part de fraction fine (destinée à la stabilisation) est comprise dans la plage prévue au contrat et augmente depuis le début de l'exploitation. L'audit confirme cette tendance.

— La part de fraction intermédiaire vers le compactage est comprise dans

	Débit solides (kg/h)	Débit eau (kg/h)	Débit total (kg/h)
Entrée Stabilisation	6 217	2 939	9 156
Déchets stabilisés	5 530	670	6 200
Pertes (e-s)/s	11 %	77,2 %	32,3 %

Tableau 3 : Bilan de la stabilisation.

Débites	OMr kg/h	Lourds kg/h	Gros kg/h	Récupération %
Papiers	1661	14,3	1091,2	67 %
Cartons	815	9,2	574,4	72 %
PET	165	39,6	59,8	60 %
PeHD	69	29	17,3	67 %
Métaux ferreux	267	121,6	57,5	67 %

Tableau 4 : Bilan de la récupération des recyclables dans les flux "gros" et "lourds".

la plage prévue au contrat et diminue depuis le début de l'exploitation. L'audit confirme cette tendance. A noter que le marché prévoyait une maille maxi de 300 mm, alors qu'elle est de 200 mm.

La part totale de la fraction qui va à la table de tri n'est pas connue. L'audit permet d'évaluer cette fraction à 35 %, soit bien supérieure aux prévisions (entre 10 et 20 %).

La part valorisable récupérée est conforme aux objectifs. L'audit confirme cette tendance.

Evaluation économique et environnementale l'unité

L'évaluation aborde les questions économiques et environnementales en termes de gestion globale des déchets. Elle représente une évaluation de scénarios pour lesquels des indicateurs environnementaux et économiques sont comparés. La comparaison est cependant limitée à la production brute de produits recyclables, d'énergie et d'émissions, sans entrer dans l'évaluation des impacts (directs ou évités) ni dans l'analyse des coûts et des bénéfices environnementaux. Elle se limite donc à un « inventaire » qui ne tente pas d'expliquer plus avant la valeur des

contributions aux impacts environnementaux. L'inventaire est par ailleurs entièrement contextualisé, en fonction des options pratiques pour les débouchés des différents flux.

Les scénarios proposés sont :

- 100 % des déchets en décharge (scénario 1) ;
- 100 % des déchets en incinération (scénario 2) ;
- Installation existante TMB + décharge (scénario 3) ;
- Installation existante TMB + incinération de la fraction à haut PCI + décharge (scénario 4).

Les scénarios sont comparés uniquement par les différences qu'ils induisent sur la gestion des déchets. En l'occurrence, les opérations de collecte sont considérées identiques car les scénarios, du fait de la localisation de l'incinérateur (Vedène) et la décharge (Entraigues) n'induisent pas de modification sensible des circuits routiers de la collecte (passage en tous les cas par un axe routier orienté au sud-ouest). Le système étudié commence ainsi au « point de rassemblement » des déchets représenté par la localisation actuelle de l'usine de PTMB. La distance entre ce « point de rassemblement » et les exutoires finaux (20 km pour Vedène et 15 km pour Entraigues)

Flux	Récupération/ OMr
Papiers	17 %
Cartons	16 %
PET	18 %
PeHD	19 %
Métaux ferreux	48 %
Grosses ferrailles	18 %

Tableau 5 : Bilan de la récupération des recyclables sur ordures brutes.

ne justifie pas la nécessité d'un centre de transfert. Pour environ 25000 tonnes de déchets par an, le centre de transfert ne se justifie qu'au-delà d'une distance avale supérieure à 30 km⁽²⁾.

Concernant l'incinération, il est tenu compte de la récupération du fer sur les mâchefers et du transport de ce fer, de la production d'énergie (52 000 MWh électriques pour 135 000 t/an à Vedène, soit 385 kWh/t).

La décharge d'Entraigues dispose de torchères pour la combustion du biogaz mais ne produit pas d'énergie (faible teneur en CH₄ selon les exploitants). Dans tous les cas, l'ensemble des opérations a été pris en compte : transport des OMr à partir du point de rassemblement, traitements (PTMB, incinération, stockage), transport des produits recyclés, transports des produits de traitements (Refiom, mâchefers, ...). S'agissant des pressions environnementales des filières avales de recyclage, il n'a été tenu compte que du coût de rachat et/ou de traitement des produits. Ainsi, l'évaluation environnementale et économique est considérée du point de vue du syndicat de gestion des déchets et non d'un point de vue sociétal.

Les principaux résultats des calculs sont présentés page suivante dans les tableaux 6 et 7.

Les coûts des transports représentent respectivement 8 % des coûts globaux pour les scénarios 1 et 2, et 6 % pour les scénarios 3 et 4. Les transports représentent cependant 57 %, 90 %, 111

	Consommation fuel (l)	Consommation électricité (kWh)	Coûts (€)		Recyclage (t)
				dont transport	
Scénario 1	44 238	35 391	1 960 892	161 027	0
Scénario 2	57 023	-8 846 907	2 408 457	198 061	3 314
Scénario 3	50 896	500 644	2 125 744	135 810	1 373
Scénario 4	50 829	-3 040 396	2 280 318	146 441	6 876

Tableau 6 : Comparaison des scénarios.

kg/an	CO ₂ fossile	CO ₂ org	CO	NO _x	COV	PM	SO ₂	CH ₄	COVNM	N ₂ O
Scénario 1	116 178	11 593 965	161	9 041	155	101	929	1 527 584	5	0,2
Scénario 2	21 146 873	10 892 149	207	48 286	199	2 401	11 812	0	6	0,2
Scénario 3	133 663	11 007 598	185	9 163	178	100	851	1 402 284	2 954	634,9
Scénario 4	7 461 482	8 424 593	185	21 117	178	885	4 462	561 101	2 954	634,9

Tableau 7 : Comparaison des scénarios - émissions.

37 % et 47 % des consommations de fuel.

Ramenés au tonnage global de déchets (25 275 t), les coûts de traitement (hors collecte) représentent respectivement 78, 95, 84 et 90 €/t pour les quatre scénarios. Les options analysées indiquent entre-elles une différence de coût relativement modérée.

Dans le contexte, l'option la moins onéreuse semble être la mise en décharge sans prétraitement.

Cette analyse reste très contextuelle et un changement même minime sur un des paramètres peu bouleverser l'ordre d'intérêt économique des quatre scénarios. Ainsi, l'actuelle gestion est de peu la deuxième moins coûteuse notamment grâce aux recettes (vente des recyclés, location du site à l'exploitant) qui permet de baisser le coût à la tonne de 33 € à 27,2 € TTC. De même, les scénarios 2 et 4 avec incinération qui semblent les moins intéressants, sont calculés avec un prix à la tonne incinérée « théorique » donné dans le marché par le prestataire sans tenir compte des recettes de la valorisation énergétique et sachant qu'aucun déchet de la CoVe ne serait orienté vers cette filière de traitement, l'incinérateur étant saturé à l'époque de la passation du marché.

Sur la récupération matière et énergie, l'option PTMB est nettement favorable

à la récupération matière sur OMR, même si on déplore les faibles performances de l'unité à cet égard. Il serait souhaitable que ces usines soient autant conçues dans cet objectif que dans l'objectif de stabiliser la matière organique. Dans le cas traité, l'incinération est le seul moyen de récupérer de l'énergie. Le scénario 4 est donc le seul capable d'assurer la « valorisation » complète des déchets.

Sur l'intérêt d'un pré-traitement de la matière organique avant décharge : la stabilisation à Lorient n'est pas assez poussée pour noter une différence appréciable sur les émissions de CH₄ globales ni sur les coûts. Pour un « potentiel de conversion » du Carbone organique donné, il doit être possible de trouver un point d'optimisation économique et environnemental sur la « maturité » du stabilisé à produire. Cette recherche impose cependant un raisonnement en termes de « filière » dont l'économie sera liée de plus en plus au « marché » des gaz à effet de serre.

Conclusion

Les principaux enseignements que l'on peut dégager de cette expertise sont les suivants :

— Concernant les performances intrinsèques de l'installation.

Le concept de base du tri granulomé-

trique en amont pose un problème majeur pour un objectif de stabilisation car plus de la moitié de la matière organique contenue dans les déchets échappe à la stabilisation. En termes de récupération de la MONS à destination de la stabilisation et en tenant compte des débits respectifs de chacun des flux, on détermine une valeur de 42 %, ce qui semble particulièrement faible. C'est en effet 58 % de la MONS qui n'est ainsi pas stabilisée et qui est envoyé en quasi-totalité (sauf une partie des papiers/cartons) en site de stockage. L'efficacité du procédé en termes de tri et de récupération de la MONS à destination de la stabilisation peut donc être largement améliorée ;

— La technologie du trommel, avec une coupure préliminaire à 80 mm qui ne récupère que 44 % des particules < 80 mm, induit un flux « 80-200 mm » deux fois plus important qu'il devrait l'être en théorie qui pénalise le tri balistique. Compte tenu de la vitesse de criblage aux mailles choisies, la seule façon de réaliser les coupures souhaitées sans augmenter considérablement la longueur du trommel serait d'inverser l'ordre des coupures, en rajoutant un étage de criblage visant à éliminer d'abord la fraction grossière (> 200 mm), puis de cribler le reste du flux (environ 70 %) à 80 mm.

— Pour le tri balistique, à peine plus

	Coûts gestion des déchets (transport+traitement) hors collecte (€ TTC)	
		dont transport
Scénario 1 : décharge	1 960 892	161 027
Scénario 3 : TMB + décharge	2 125 744	135 810
Scénario 4 : TMB + incinération + décharge	2 280 318	146 441
Scénario 2 : incinération	2 408 457	198 061

Tableau 8 : Bilan économique des différents scénarios.

III de 10 % de verre, 13 % des métaux non ferreux et 18 % des combustibles sont récupérés dans les lourds. L'essentiel des fines est renvoyé dans les légers. Compte tenu du fort débit des « légers », on peut penser qu'un effet d'entraînement handicape l'effet de coupure densimétrique. Du point de vue des matériaux récupérés sur le flux des lourds, c'est-à-dire le PET et le PeHD (au niveau de la cabine de tri optique), ainsi que la ferraille, plus de 50 % du PET échappe à la récupération, 40 % pour le PeHD contre seulement 10 % pour la ferraille.

— Pour la récupération du fer et des plastiques sur le flux des lourds, on note une extraction quasi-totale du fer, confirmée par l'absence de fer dans les « refus tri-optique » (< 1 %), une performance du système Pellenc de 76 % pour le PET et de presque 50 % pour le PeHD (le système étant « calibré » pour extraire le PET). Cela confirme les effets de l'inefficacité des séparations amont sur le PET puisque l'avantage du Pellenc sur le PET est perdu au global par une séparation densimétrique médiocre (45 %) alors que sa moindre efficacité sur le PeHD est récupérée par une séparation densimétrique meilleure (presque 60 %).

— Pour la récupération des JRM/PC, on peut noter leur faible récupération que ce soit par rapport aux « gros » (donc l'efficacité du tri manuel en lui-même), où l'on ne récupère finalement qu'environ un quart de ce qui se présente sur le tapis de tri ou par rapport au OMr.

— Pour la récupération des grosses ferrailles, l'overband sur le flux des « gros » montre une bonne efficacité,

puisque plus de 80 % des ferrailles > 200 mm sont ainsi récupérées.

— Concernant les performances de l'installation par rapport aux objectifs constructeurs et au marché d'exploitation :

Les « obligations » en termes d'objectifs à atteindre sont limitées : elles concernent essentiellement la réduction massive du flux entrant en stabilisation. Avec 32,3 % de réduction, l'audit confirme le respect de cet objectif (entre 32 et 35 %). Au vu des performances de l'installation, il semblerait utile que les cahiers des charges soient établis en fonction d'objectifs industriels et non, comme c'est souvent le cas en fonction des contraintes ou habitudes technologiques.

— Concernant les questions économiques et environnementales : les bilans économiques des quatre scénarios sont assez proches. On les trouvera classés par ordre croissant dans le tableau 8.

D'un point de vue des bilans environnementaux, la stabilisation à Lorient n'est pas assez poussée pour noter une différence appréciable sur les émissions de CH₄ en décharge.

Ainsi, si le scénario « tout en décharge » ne semble pas inintéressant dans l'état actuel des coûts et contraintes environnementales, cette option reste toute théorique, puisque qu'une mise en décharge de déchets non ultimes n'est pas légale. Ce scénario permet cependant de mettre en exergue le fait que l'actuel prétraitement des déchets, proche économiquement et légèrement meilleur en termes de bilan environnemental, n'est pas dénué d'intérêt. L'optimisation du process, largement

perfectible comme le montre cette expertise, ne l'en rendrait que plus justifié dans la gestion globale des déchets de la CoVe.

Il reste qu'une donnée déterminante des enjeux de l'analyse des systèmes est l'évolution du prix des ressources naturelles (dont les hydrocarbures), qui pourrait prochainement retourner complètement les estimations économiques. Le PTMB pouvant être conçu comme un outil de récupération de matières, voire de séchage (resp. stabilisation) avant incinération (resp. décharge), il ne constitue pas un obstacle sur le choix de la destination finale des déchets (nous n'avons pas considéré ici l'option d'incinérer le produit stabilisé). Ainsi le TMB peut constituer dans un système de gestion des déchets une opération d'ajustement et d'orientation pour répondre à des évolutions des déchets ou des contraintes et à ce titre peut constituer une variable importante de l'optimisation des systèmes. ■

Remerciements :

Cette étude a été financée par l'Ademe.

Notes :

MONS : matière organique hors plastiques.
www.ademe.fr/htdocs/publications/publipdf/stat_ions.htm

