



<i>Destinataire</i>	<i>Organisme - Site</i>	<i>Copie pour information</i>	<i>Organisme - Site</i>

## **PROCESS-TYPE DE COMPOSTAGE ET DE MÉTHANISATION D'ORDURES MÉNAGÈRES RÉSIDUELLES**

### **À retenir**

Rédigée en collaboration avec Bernard MORVAN (Cemagref de Rennes)<sup>1</sup>, cette note a pour but de définir dans l'état actuel des connaissances, les process-type permettant d'obtenir à partir d'ordures ménagères résiduelles, la meilleure qualité possible pour le compost, et ce avec le meilleur rendement, mais sans que puisse être garanti le respect de la norme Afnor NFU 44051 d'avril 2006 définissant les amendements organiques.

**Résultant de l'analyse de retours d'expérience, les synoptiques proposés ci-après ne constituent pas des modèles. Ils ne sont que des compromis qui se veulent évolutifs, ouverts à toute suggestion et au débat.**

#### **1. Respecter la norme Afnor NFU 44051 est difficile et demande que soient prises des précautions maximales de conception et d'exploitation**

L'objectif prioritaire est de fabriquer un compost conforme. Les critères de qualité imposés étant exigeants et les exemples de réussite peu nombreux, cela ne sera éventuellement possible à partir d'ordures ménagères résiduelles que si des précautions maximales sont prises au niveau de la conception du process de compostage surtout, mais aussi de la collecte des déchets, et en continu lors de l'exploitation. La recherche de la qualité du compost doit être privilégiée au détriment de la quantité de compost, et le cas échéant de biogaz, produite. Les autres objectifs sont de limiter la quantité de refus (en captant pour le compost l'essentiel de la matière organique fermentescible des déchets), les nuisances et le coût du traitement.

#### **2. Ne pas rechercher de fausses économies, ni se laisser aveugler par des innovations**

Sous-dimensionner les équipements, faire l'impasse sur certaines étapes du traitement au point de ne pas pouvoir produire un compost conforme à la norme Afnor NFU 44051, c'est faire une fausse économie sur l'investissement qui peut se traduire par une vraie dépense supplémentaire d'exploitation. Si le compost non conforme doit être conduit à grands frais en décharge avec les refus de compostage, autant procéder alors à un prétraitement biologique plus simple et moins coûteux, voire à une mise en décharge directe des déchets.

Pour traiter des déchets aussi difficiles que les ordures ménagères, toute innovation non déjà évaluée en vraie grandeur est à écarter. À défaut, le risque lié à un procédé innovant est à assumer par son promoteur qui doit faire la preuve de sa mise au point, du stade du pilote jusqu'à celui industriel. En cas d'échec, le promoteur devrait assurer d'une autre manière le service dû à la collectivité.

#### **3. Faire une collecte sélective en amont des déchets dangereux et des emballages**

Certains éléments polluants (déchets ménagers spéciaux – DMS - et déchets toxiques en quantité dispersée – DTQD - de l'artisanat et du commerce) ou indésirables pour le compost doivent être impérativement écartés en amont par des collectes sélectives efficaces (ou un apport en déchèteries) pour être dirigés vers des filières de traitement ou de recyclage spécifiques.

En effet, les tris en usine ne peuvent retirer avec une efficacité relative que des objets physiques et non des molécules polluantes dispersées dans les ordures<sup>2</sup>. Le risque d'une contamination chimique des ordures suite à

<sup>1</sup>- Sur les aspects liés au compostage uniquement, et donc hors méthanisation.

<sup>2</sup>- Si une garantie paraît pouvoir être donnée au niveau des performances d'extraction des inertes dans le compost, elle paraît illusoire concernant les micropolluants chimiques, et donc concernant le respect de la norme NFU 44051 sur ordures ménagères résiduelles.

l'éclatement ou au vidage de contenants polluants (pots de peinture ...) ne peut être totalement évité lors de la collecte des déchets résiduels et lors du traitement par compostage.

La collecte sélective des emballages et journaux-magazines doit aussi être renforcée. Verre, métaux et plastiques sont des indésirables pour le compost. Toutefois, l'efficacité de ces collectes sélectives reste insuffisante et ne permet pas de se passer d'un affinage efficace en usine. Il est préférable que les papiers-cartons connaissent un ou plusieurs cycles de recyclage sous forme de matériau : ils finiront par être compostés une fois « salis » et devenus inaptes au recyclage « matière ».

Par ailleurs, des collectes sélectives de biodéchets peuvent aussi être engagées auprès des gros producteurs, qui seront compostés sur une plate-forme de compostage de déchets verts par exemple, à destination des utilisateurs les plus exigeants.

#### **4. Ne pas broyer en tête les ordures ménagères**

Un broyage en tête de process disperse dans les ordures ménagères les polluants qui ne pourraient plus être séparés ensuite et est donc incompatible avec la production d'un compost conforme à la norme Afnor NFU 44051.

#### **5. Ne pas placer un crible à grosse maille en tête de process**

Ceci même si la production d'un compost de bonne qualité reste possible, car plus de la moitié de la matière organique fermentescible serait perdue d'entrée avec les refus de ce criblage.

#### **6. Dimensionner correctement le biostabilisateur**

Un dimensionnement suffisant pour un temps de séjour de 4 jours est nécessaire. Une différence granulométrique nette doit en effet apparaître entre les composants inertes et ceux fermentescibles, plus finement réduits, qui puisse ensuite être exploitée lors de l'affinage du compost. De plus, la quantité de refus de compostage et donc le coût de leur gestion en seront diminués.

#### **7. L'affinage : plus efficace sur un compost relativement sec**

Pour être criblé à 10 mm et traité par une table densimétrique, le compost doit être relativement sec : 30% d'humidité. Une fermentation du compost avec aération forcée permet d'atteindre ce niveau d'humidité.

#### **8. Ne pas oublier de cribler fin et de bien concevoir les équipements de séparation des indésirables lourds**

Pour produire un compost « propre », encore faut-il profiter de la préparation mécanique efficace réalisée par le biostabilisateur : de trop nombreuses usines ne font que cribler grossièrement puis broyer ce qui sort du biostabilisateur. Un criblage fin est indispensable pour retirer les films plastiques. Les équipements de séparation des indésirables lourds doivent être bien conçus et dimensionnés. Par exemple, un transporteur sélectionneur est peu efficace si la hauteur de chute du compost est inférieure à 1,5 m ... Pour les indésirables les plus fins, une table densimétrique n'est efficace que pour un débit de 5 t/h, c'est-à-dire moins que la capacité nominale généralement annoncée.

#### **9. En cas de méthanisation, introduire dans le digesteur des déchets préalablement débarrassés des indésirables**

Seules des techniques d'affinage de produits relativement secs ont été évaluées sur ordures ménagères, qui ne permettent pas de retirer les impuretés incluses dans des digestats qui restent pâteux et humides, même après déshydratation. De plus, le digestat appauvri en matière organique semble ne repartir que difficilement en fermentation aérobie sauf apport suffisant de déchets verts ou frais. Il ne parvient donc pas toujours à sécher assez par compostage pour pouvoir subir un affinage terminal efficace. Il faut donc introduire dans le digesteur des déchets préalablement débarrassés des indésirables inertes. Mais pour pouvoir épurer efficacement ces déchets, il faut les pré-composter au détriment du potentiel de production de biogaz et donc de l'intérêt économique de la méthanisation lorsqu'elle est appliquée à des ordures résiduelles.

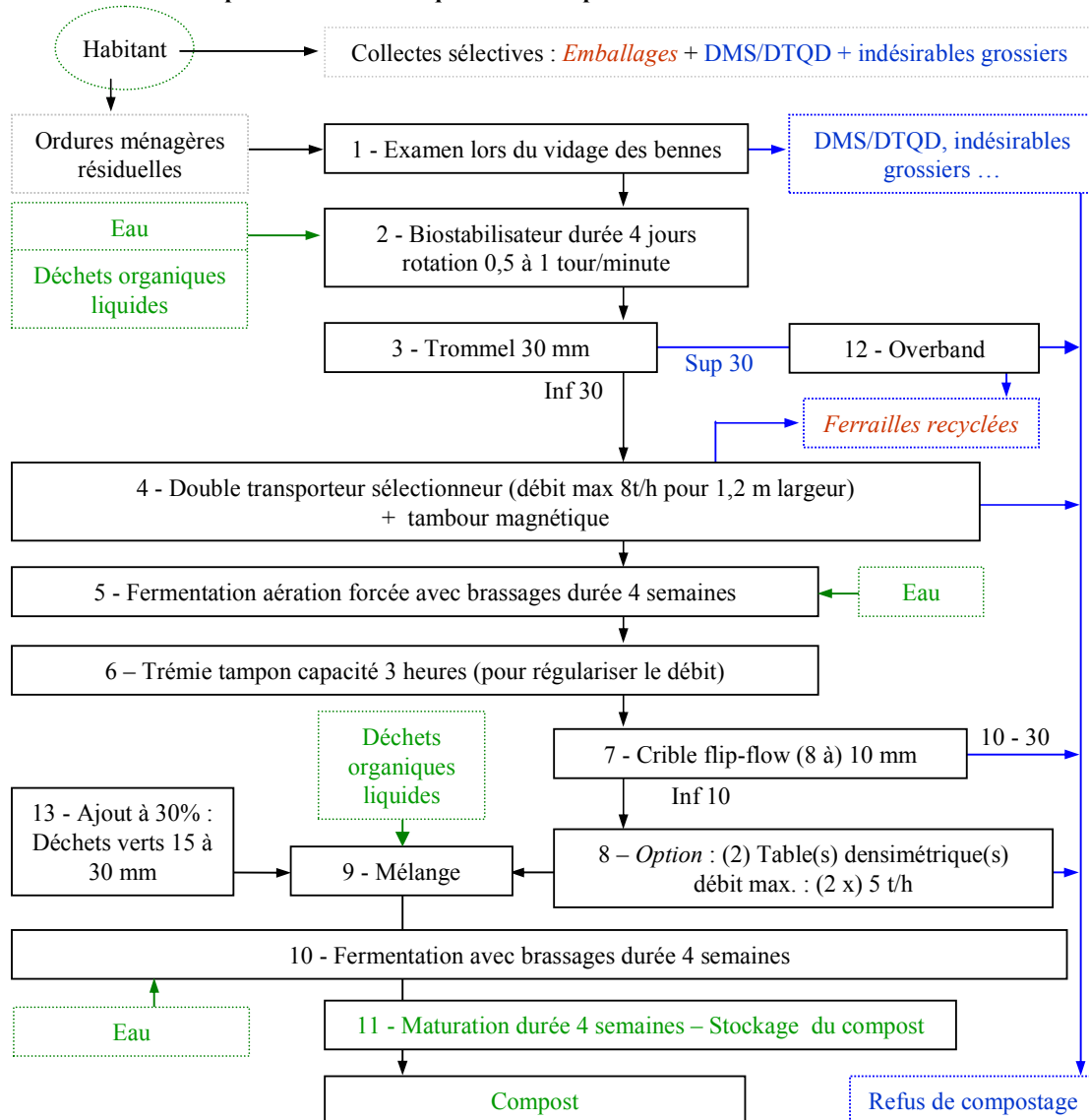
*N.B. important : il existe une technique d'affinage de déchets en phase liquide mais qui n'a pas encore été testée sur ordures ménagères. Si elle s'avérait efficace, l'affinage pourrait alors être différé après la phase de méthanisation et le rendement en biogaz y gagnerait. Il resterait à déterminer si ce procédé parvient, comme annoncé, à retirer par un criblage très fin les micropolluants chimiques ayant diffusé vers la matière organique au cours de la méthanisation.*

## 1. COMPOSTAGE DES ORDURES RÉSIDUELLES

### 1.1 PROCESS PROPOSÉ POUR OBTENIR UNE QUALITÉ LA PLUS ÉLEVÉE POSSIBLE ET LE MEILLEUR RENDEMENT POUR LE COMPOST

1/ Il est souhaitable que les déchets soient examinés lors du vidage de la benne afin d'écartier des indésirables : encombrants, câbles, DMS/DTQD, etc ... Attention à ne pas contaminer les déchets avec des traces d'huile ...

#### Process 1/ Compostage : solution avec fermentation avant affinage pour une meilleure qualité du compost et le meilleur rendement



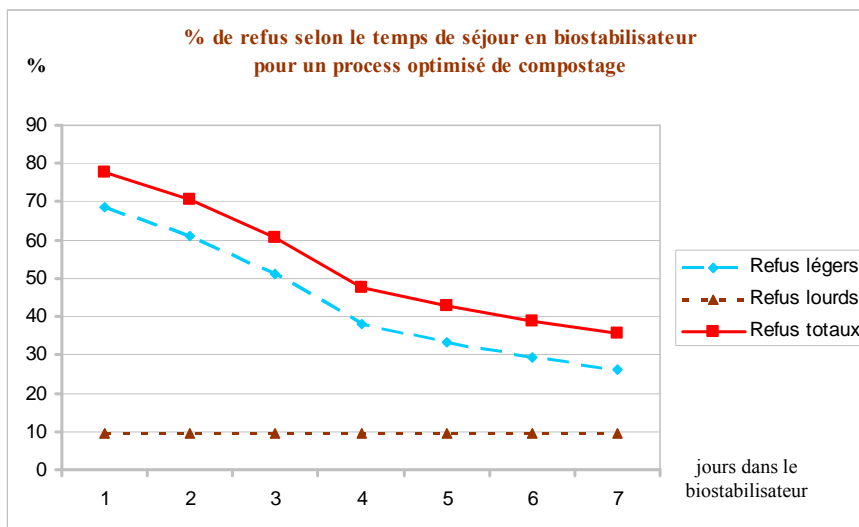
2/ Le biostabilisateur est à l'heure actuelle l'équipement réalisant la meilleure préparation mécanique pour les ordures résiduelles en vue de leur compostage. Cet équipement dilacère les déchets et permet d'initier la fermentation. Les déchets fermentescibles, étant plus réduits que les autres, pourront être séparés de ceux inertes lors des criblages ultérieurs. Mais il faut pour cela que le temps de séjour des déchets soit suffisant : 4 jours sont souhaitables. Le taux de refus (en matière sèche) de l'ensemble du process est diminué de 6 à 10% par jour dans le biostabilisateur : environ 60% pour 3 jours, 47% pour 4 jours et 42% pour 5 jours. Si le séjour est trop court, la part de matière organique perdue ainsi avec les refus pourrait bien faire défaut pour qualifier le compost par rapport à la norme. Le biostabilisateur étant un équipement coûteux (mais à durée de vie longue), il est très souvent sous-dimensionné à 2 jours. Or, le coût en investissement d'un jour supplémentaire devrait être comparé à celui de la

mise en décharge des refus supplémentaires générés pendant la durée d’amortissement de l’équipement. Couvrir par un bâtiment le biostabilisateur permet de gagner ¼ jour. L’humidité des déchets entrants doit être ajustée à 50% environ. Des ventilateurs permettent de régler l’aération qui influe sur les émissions gazeuses et la température. Attention : si des déchets polluants sont introduits dans un biostabilisateur, ils pourraient contaminer son contenu. Des câbles, tuyaux, bâches agricoles, filets de pêche, palettes ... généreront des torons pouvant boucher la sortie du biostabilisateur (prévoir une porte de grande dimension en sortie).

CAPACITÉ DES BIOSTABILISATEURS EN FONCTION DE LEUR LONGUEUR

Longueur (m)	24	33	42	48
Diamètre (m)	3,6	3,9	4,2	4,2
Volume (m <sup>3</sup> )	244	394	582	665
Contenu (tonnes d’ordures ménagères)	100	161	238	272
Capacité en Kt/an d’ordures ménagères	9	14,5	21,5	24,5

Taux de remplissage : 75% - densité des déchets : 0,55 - Source : Bernard MORVAN – Cemagref Rennes



Source : Bernard MORVAN – Cemagref Rennes

Utiliser un biostabilisateur en tête plutôt qu’un trommel à maille grossière (100 mm) permet d’améliorer le bilan « matières » : plus de la moitié de la matière organique fermentescible passerait dans les refus de ce trommel. Si ces refus grossiers sont introduits dans un biostabilisateur, ils ne fermenteront pas correctement, faute de l’humidité et de l’azote présents surtout dans la fraction fine écartée (sauf à compenser ces manques par un apport d’eau de process par exemple). Ces refus grossiers peuvent éventuellement être valorisés par incinération avec récupération d’énergie.

Il est possible de produire un compost conforme à la norme Afnor NFU 44051 en utilisant un trommel en tête plutôt qu’un biostabilisateur, mais avec une marge de sécurité et un rendement faibles. Les lots de compost non conformes seront plus fréquents.

En % MS	Compost	Pertes	Refus
<b>Bilan « matières » avec un biostabilisateur :</b>			
Matière brute	30	25	45
Matière sèche	28	20	52
Matière organique non synthétique*	40	30	30
<b>Bilan « matières » avec un trommel à maille grossière en tête :</b>			
Matière brute	12	12	76
Matière sèche	10	3	87
Matière organique non synthétique*	11	5	84

Matière organique non synthétique = Matière organique totale - Matière organique des plastiques.

Source : Bernard MORVAN – Cemagref Rennes

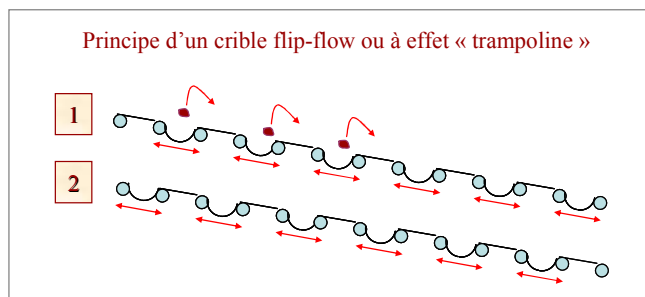
3/ Trommel (ou crible rotatif) à la maille ronde de 30 (de 25 à 40 mm) : cette maille est un compromis pour ne pas perdre trop de matière organique avec les refus et ne pas envoyer de déchets trop grossiers vers le transporteur

sélectionneur (équipement limitant par son efficacité). Également, ce trommel est souvent conçu trop court, ce qui a pour conséquence d'augmenter la production de refus. Là aussi, le surcoût d'une longueur plus importante de trommel est à comparer à celui de la gestion des refus supplémentaires générés. Ces refus à haut PCI constitués de plastiques, textiles ...- et d'environ 30% de la matière organique non synthétique des ordures - génèrent peu d'odeurs mais présentent des risques d'envols. Ils peuvent éventuellement être valorisés énergétiquement. Des ferrailles peuvent être récupérées sur ces refus par l'overband 12.

4/ Un transporteur sélectionneur (cf. schéma au chapitre 3) permet de retirer des indésirables lourds. De nombreux transporteurs sélectionneurs sont en service mais qui n'ont qu'une efficacité très limitée du fait d'une conception inadaptée. Un tambour magnétique en aval peut capter les indésirables ferreux.

5/ Une fermentation intervient ensuite sur 3 à 4 semaines permettant de réduire encore la granulométrie des éléments fermentescibles à récupérer lors du criblage terminal et de limiter la production globale de refus. De l'eau peut être ajoutée en début de cette phase. Les brassages sont importants (une fréquence d'1 tous les 4 jours serait souhaitable) pour assurer l'oxygénation et la dilacération. La fermentation induit une montée en température qui doit sécher suffisamment le produit. L'affinage à suivre ne sera efficace que si le débit et l'humidité sont faibles.

7/ Les cribles de type flip-flow permettent un criblage à une maille fine en limitant le risque de colmatage. Ils offrent un meilleur rendement de criblage qu'un trommel, qui peut aussi être utilisé ici sur un compost mûri, moins collant. Une maille fine de 10 mm est nécessaire pour retirer les plastiques et tenter de respecter le seuil défini par la norme Afnor NFU 44051. Lorsque la fermentation précède comme ici le criblage, une maille plus fine peut être envisagée (jusqu'à 6 mm), à définir selon le rendement en compost et le risque de colmatage.



8/ Les tables densimétriques sont proposées ici en option pour atteindre un niveau de qualité plus élevé pour le compost : ce sont les seuls équipements efficaces sur des indésirables lourds de granulométrie inférieure à 3 mm, si le produit à traiter est suffisamment fermenté pour ne pas être colmatant, son humidité inférieure à 30% et le débit inférieur à 5 tonnes/h. La capacité nominale souvent annoncée autour de 8 à 10 tonnes/h ne peut pas être appliquée sous peine d'une détérioration forte de la performance du tri. Ces équipements demandent de plus des nettoyages et des réglages fréquents, au moins une fois par jour.

EXEMPLE DE BILAN MATIÈRE AVEC AFFINAGE AVANT ET APRÈS MATURATION

		Matière sèche %	Matière humide %
Tube 4 jours	Pertes	5.1	10.8
Crible 30 mm	> 30 mm	41.8	32.8
Double tapis sélectionneur	Refus lourds	11.0	8.2
Maturation 4 semaines	Pertes	6.4	17.1
Crible 8 mm	Refus 8-30	5.3	4.3
Table densimétrique	Refus de table	1.9	1.4
<i>Récapitulatif</i>	<i>Pertes en gaz</i>	11,5	27,9
	<i>Refus</i>	58,1	46,7
	<i>Compost</i>	28,4	25,4
	<i>Total</i>	100,0	100,0

Source : Bernard MORVAN (Cemagref Rennes)

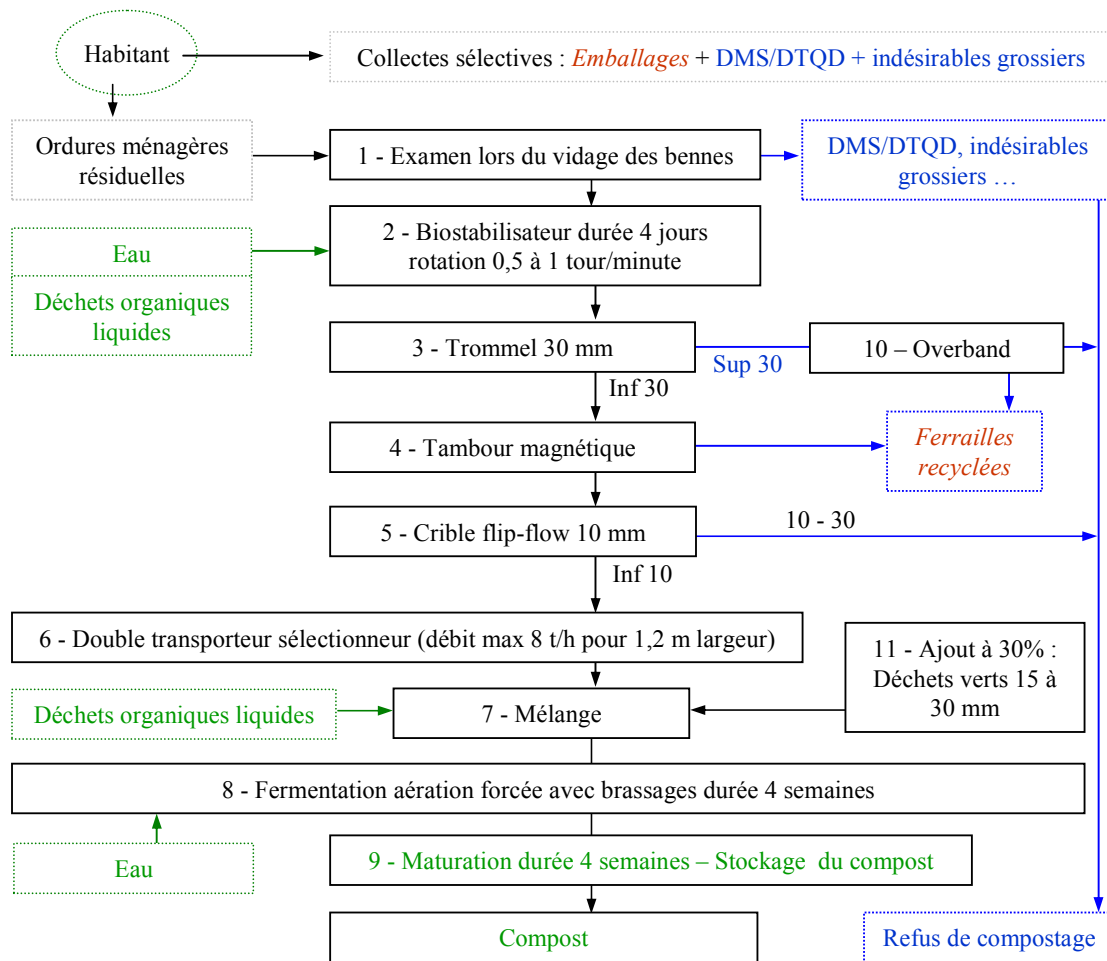
9/ À ce stade, le passant au crible flip-flow peut éventuellement respecter les critères de la norme Afnor NFU 44051, mais il est très fin. Un ajout à 30% de déchets verts de granulométrie plus grossière (15 à 30 mm) n'est pas indispensable mais souhaitable ; il permet d'amener de la porosité pour faciliter l'aération nécessaire à la poursuite de la fermentation. Il ne doit toutefois pas servir à diluer un compost imparfait afin de le rendre conforme à la norme. À défaut de cet ajout, il faut multiplier les brassages. Si un criblage supplémentaire (non représenté ici) était prévu après la fermentation (10) à la maille de, par exemple, 15 mm, les refus de ce criblage pourraient être

recyclés en (13). Un broyage ou concassage final du compost ne doit pas non plus être utilisé pour passer la norme en pilant le verre.

## 1.2 LE SECOND PROCESS DE COMPOSTAGE PROPOSÉ EST UN COMPROMIS PLUS ÉCONOMIQUE

L'affinage intervenant avant fermentation, le coût de ce second process devrait être plus faible en investissement et exploitation, mais pour une qualité et une quantité moindres de compost (de la matière organique est perdue avec la fraction 10-30 mm). L'utilisation d'une table densimétrique n'est pas proposée ici car cet équipement présente un risque de colmatage plus marqué sur du compost frais.

### Process 2/ Compostage : solution avec affinage avant fermentation pour réduire le coût



EXEMPLE DE BILAN MATIÈRE AVEC AFFINAGE AVANT MATURATION

		Matière sèche %	Matière humide %
Tube 4 jours	Pertes	5,1	10,1
Crible 30 mm	> 30 mm	41,8	29,8
Double tapis sélectionneur	Refus lourds	11,0	7,6
Crible 10 mm	Refus 10-30	5,9	5,5
Maturation 4 mois	Pertes	9,8	24,4
<i>Récapitulatif</i>	<i>Pertes en gaz</i>	14,9	34,5
	<i>Refus</i>	58,7	42,9
	<i>Compost</i>	26,4	22,6
	<i>Total</i>	100,0	100,0

Source : Bernard MORVAN (Cemagref Rennes)

À noter : pour un obtenir meilleur rendement en compost en récupérant davantage de matière organique, la fraction 10 - 30 mm pourrait être humidifiée (par exemple, avec les eaux de process) et mise à fermenter à part pendant 1

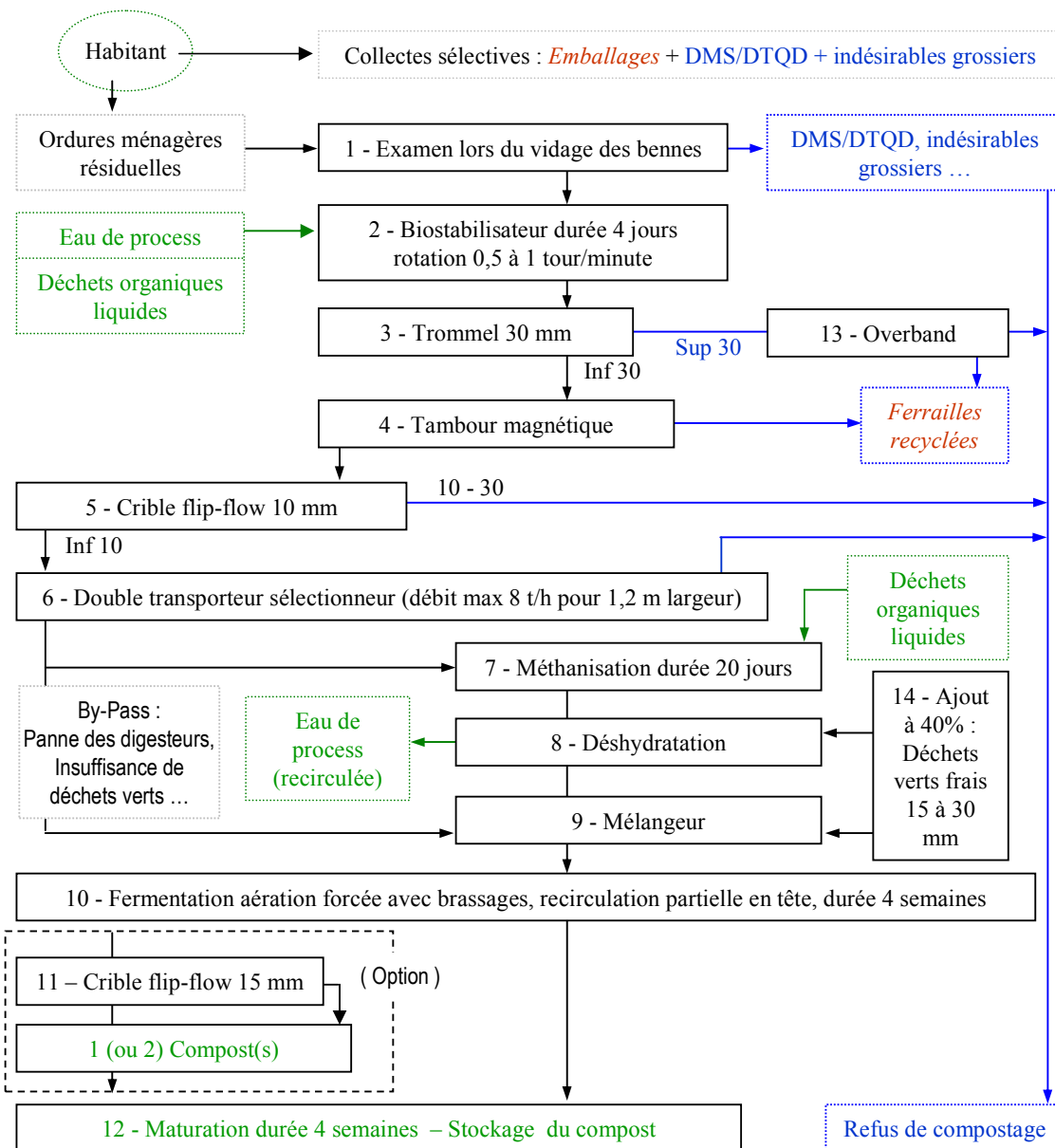
mois, puis reprise sur le crible (5). La maille du crible (3) pourrait alors être portée à 50 mm, de façon à traiter ainsi la fraction 10 - 50 mm.

Le transporteur sélectionneur (ici en 6) peut éventuellement être placé, ou doublé, avant le crible (5) pour le protéger et épurer également la fraction 10 - 30 mm, mais il peut aussi être placé comme ici, après ce crible pour travailler efficacement uniquement sur le passant bien réparti, repris par un transporteur sur toute la largeur du crible.

## 2. MÉTHANISATION D'ORDURES RÉSIDUELLES

Les réalisations étant moins nombreuses, ce mode de traitement est moins bien maîtrisé que le compostage lorsqu'il est appliqué à des ordures ménagères résiduelles. Les procédés proposés aux collectivités sont sans doute appelés à évoluer sensiblement. Il faut aussi considérer qu'il peut y avoir éventuellement plus de potentiel de récupération d'énergie par incinération des refus de compostage que par méthanisation de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles.

### Méthanisation : exemple de process privilégiant la production de biogaz



Seules des techniques d'affinage de produits relativement secs ont été évaluées sur ordures ménagères. Elles ne permettent pas de retirer des impuretés incluses dans le digestat qui reste pâteux et humide, même après

déshydratation. De plus, le digestat appauvri en matière organique semble ne repartir que difficilement en compostage, comme l'exige la norme Afnor NFU 44051, sauf apport suffisant de déchets verts ou autres déchets organiques frais qui diminuent l'humidité, apportent de la porosité et de la fermentescibilité. Si le digestat ne parvient pas à sécher assez par fermentation aérobie, il ne pourra pas subir un affinage terminal efficace. Il faudrait donc introduire dans le digesteur des déchets préalablement débarrassés des indésirables, verres et plastiques notamment. Le digesteur doit de toute façon être conçu pour pouvoir évacuer les inertes résiduels qui décantent, ou flottent selon leur densité. Mais pour épurer ces déchets, il faut les pré-composter (c'est-à-dire transformer du C en CO<sub>2</sub>) au détriment du potentiel de production de biogaz (transformer du C en CH<sub>4</sub>) et donc de l'intérêt économique de la méthanisation lorsqu'elle est appliquée à des ordures résiduelles.

*N.B. important : il existe des techniques d'affinage de déchets en phase liquide mais qui n'ont pas encore été testées sur ordures ménagères. Si elles s'avéraient efficaces, l'affinage (c'est à dire la séparation des inertes) pourrait alors être différé après la phase de méthanisation et le rendement en biogaz y gagnerait. Il faudrait également déterminer s'il y a une diffusion vers la matière organique de micropolluants chimiques (éléments-traces métalliques, composants-traces organiques) au cours de la phase de méthanisation des déchets.*

La méthanisation poursuit 2 objectifs principaux concernant la fraction fermentescible des déchets : la production de biogaz, et de compost à partir du digestat. Cela nécessite de rechercher un compromis entre rendement en biogaz d'une part, et rendement et qualité du compost d'autre part.

Le biostabilisateur peut être remplacé par un trommel à grosse maille en tête de process pour capter davantage de matière organique fraîche avec le passant, et donc obtenir un rendement en biogaz plus important. Toutefois, les digesteurs doivent alors pouvoir fonctionner avec les inertes plus nombreux qui y seront introduits. Et le risque de non-respect de la norme sera plus important pour le compost, sauf ajout important de déchets verts au digestat après méthanisation.

Un by-pass doit être prévu permettant de court-circuiter au besoin l'étape de méthanisation pour l'une ou l'autre des raisons suivantes : si la capacité des digesteurs est limitante ; pour faciliter le départ en fermentation aérobie du digestat ; ou en cas de panne, d'un approvisionnement insuffisant en déchets verts ... Les digesteurs devraient pouvoir être ouverts et vidangés entièrement en cas de panne, et une solution alternative doit être prévue pour les digestats évacués.

En option, un criblage du compost peut être prévu avant maturation pour adapter sa granulométrie à la demande des utilisateurs et pour permettre au besoin une recirculation des déchets verts (fraction grossière) en tant que structurant du digestat.

La méthanisation a un bilan hydrique positif. De l'eau de process peut être ajoutée aux différentes phases de fermentation aérobie, en particulier au niveau du biostabilisateur, où elle facilitera l'évolution des produits et sera partiellement perdue par évaporation, ou sur la fraction 10-30 mm si elle était mise à fermenter (cf. process compostage).

### 3. SÉPARATION DES INERTES LOURDS PAR TRANSPORTEURS SÉLECTIONNEURS

#### 3.1 PRINCIPE DE SÉPARATION : REBOND ET ADHÉRENCE

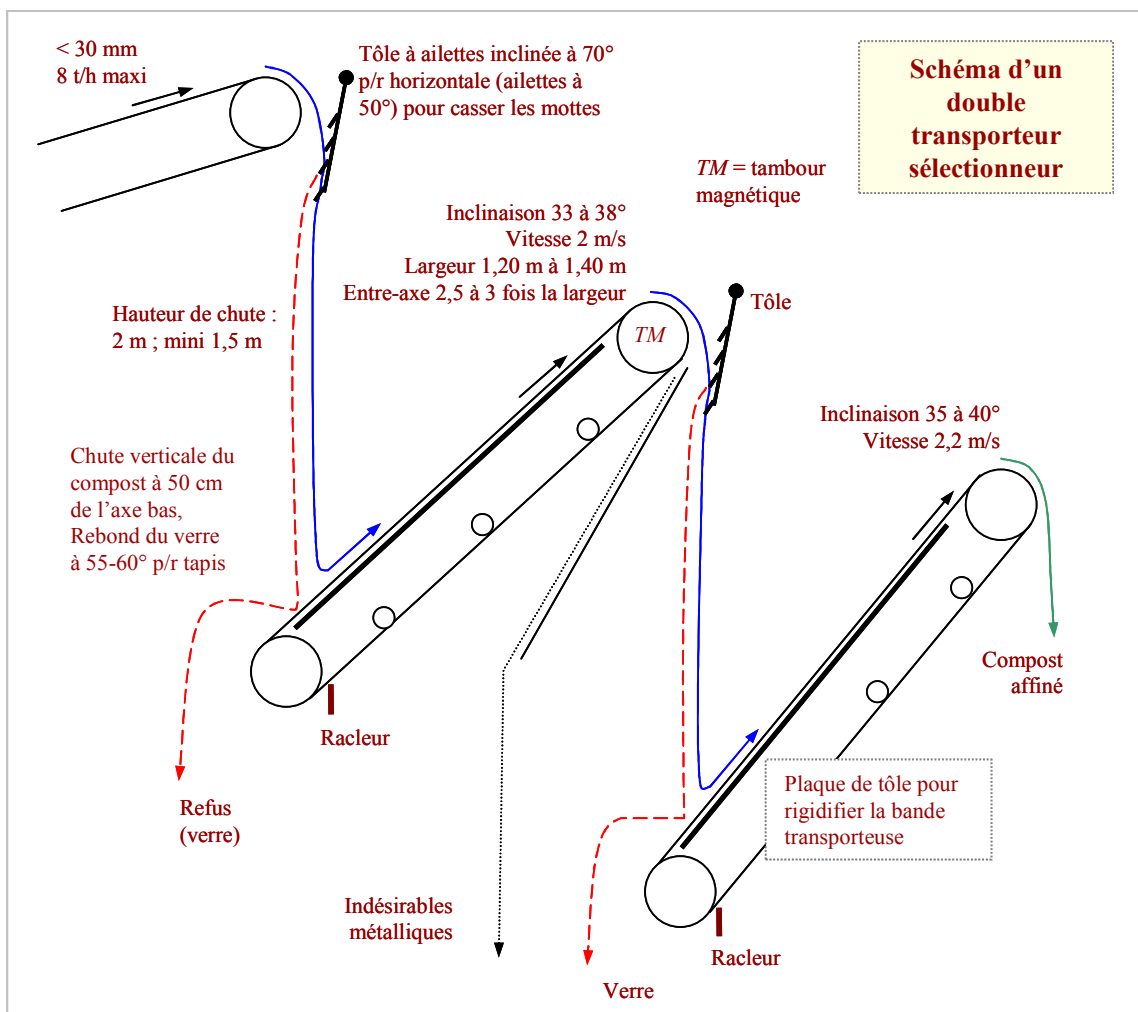
Les particules lourdes rebondissent sur la bande du transporteur sélectionneur et chutent alors que celles organiques adhèrent et remontent. Le premier transporteur sélectionneur (efficacité 35-40% sur les impuretés supérieures à 2 mm) permet d'alimenter sur une grande largeur avec une couche fine de compost le second transporteur qui est ainsi plus efficace (efficacité cumulée 85-90%). Un transporteur simple peut toutefois être utilisé si le compost est très fin (granulométrie inférieure à 10 mm) et se présente bien réparti sur une grande largeur. Les transporteurs sélectionneurs acceptent des déchets d'une granulométrie jusqu'à 50 mm et sont efficaces sur les inertes d'une dimension supérieure à 3 mm, à la condition de ne pas être surchargés. Pour des indésirables plus fins, il faut recourir à une table densimétrique.

#### 3.2 CARACTÉRISTIQUES MINIMALES POUR LES DEUX TRANSPORTEURS SÉLECTIONNEURS

- Débit sur le premier transporteur sélectionneur : souhaitable 6 tonnes/heure (**maxi : 8 tonnes/heure pour 1,2 m de largeur** : une couche trop épaisse ne permet pas le rebond des particules lourdes) ;
- Hauteur de chute : 2 m, impérativement **au moins 1,50 m**, sans quoi le rebond est insuffisant ;



- Chute du compost à traiter à 0,50 m en amont de l'axe du tambour bas du transporteur sélectionneur. La position des transporteurs doit pouvoir être ajustée sur + ou - 30 cm. Inclinaison réglable sur + ou - 10°.
- Largeur de bande : 1,20 m ou mieux **1,40 m** ; entre - axe d'au moins 2,5 fois la largeur de la bande pour mieux en assurer le guidage ; vitesse : 2m/s (éventuellement réglable par variateur) ;
- Plaque de tôle sous la bande pour la rigidifier ; deux parois verticales latérales (non représentées) pour empêcher que les déchets ne s'échappent latéralement ;
- Tambour magnétique pour retirer les petits indésirables métalliques (agrafes ...) : utile mais à placer de préférence en aval sur d'autres bandes transporteuses, car cet équipement lourd induit des contraintes de conception alors que les transporteurs sélectionneurs doivent être réglables.



Cemagref Rennes (Bernard MORVAN) – ADEME (Philippe THAUVIN)

