

**Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation,
de la Pêche et des Affaires rurales**

FNDAE n° 28

Document technique



**Étude des pré-traitements compacts
basés uniquement sur le tamisage fin**

Cas du traitement des eaux résiduaires urbaines ou domestiques

Jean-Pierre Canler, Jean-Marc Perret



Groupement de Lyon
UR Qualité des eaux et prévention des pollutions
3 bis quai Chauveau – CP 220
69336 Lyon Cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87

Remerciements



Ce document est l'aboutissement d'un important travail collectif de l'unité de recherche « Qualité des eaux et prévention des pollutions de Lyon » composée :

- de l'équipe traitement des eaux résiduaires,
- du laboratoire de Chimie des eaux, avec le travail poussé de D. GORINI pour la préparation des échantillons et leur analyse,
- de M. OLLIVIER dans le cadre de son mémoire de DESS à l'institut d'écologie appliquée d'Angers,
- de M. ARRICOT dans le cadre de son mémoire de fin d'études à l'École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg.

Ces remerciements sont également adressés aux nombreux SATESE (service d'assistance technique aux exploitants de stations d'épuration) et exploitants d'installations équipées de cette technique pour leur contribution sur le sujet (réponse aux enquêtes, informations techniques et économiques, visites de sites).

Cette étude a pu être menée grâce à l'aide financière du fonds national pour le développement des adductions d'eau du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales.

Crédit photographique : J.-M. Perret, Cemagref

© Ministère de l'Agriculture et de la pêche – ISBN 2-11-092855-7 ; © Cemagref 2004 – Cemagref Éditions – ISBN 2-85362-629-6. Étude des pré-traitements compacts basés uniquement sur le tamisage fin – Cas du traitement des eaux résiduaires urbaines ou domestiques. Jean-Pierre Canler, Jean-Marc Perret (Cemagref) – Document technique FNDAE n° 28, 2004.

1^{re} édition coordonnée par le Cemagref : conception et création graphique : Julienne Baudel ; infographie : Françoise Peyriguer. Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2004 – Mise en pages : Desk, 25 boulevard de la Vannerie, 53940 Saint-Berthevin-les-Laval. Impression : Jouve, 11 bd. Sébastopol, BP 2734, 75027 Paris Cedex 01. Document disponible sous forme numérique sur le site <http://www.eau.fnadae.fr>. Pour les tirages papier, les demandes sont à adresser au Cemagref, DSIC/IST, Parc de Tourvoie, BP 44, 92163 Antony Cedex. Tél. 01 40 96 62 85, fax. 01 40 96 61 64.



Lors des projets de réhabilitation ou de construction de stations d'épuration de faible taille (< 10 000 eH) et traitant des effluents domestiques, les constructeurs, à la demande ou non des maîtres d'ouvrage, proposent assez fréquemment la mise en place de pré-traitements compacts. Ceux-ci, basés uniquement sur le tamisage fin des eaux usées brutes (séparation solide/liquide) remplaceraient les pré-traitements conventionnels composés d'un dégrillage, d'un dessablage et d'un déshuilage-dégraissage en série.

Cette technique a connu un fort essor à la fin des années 90 (de l'ordre de 60 nouvelles installations par an) puis son développement s'est maintenu à un niveau inférieur mais encore important. Son choix, en l'absence de données, est souvent motivé par des coûts d'investissement plus réduits et par des contraintes d'exploitation annoncées plus limitées.

Dans ce cadre, une étude proposée par le Cemagref et financée par le FNDAE a été engagée sur ces systèmes. Dans un premier temps, différentes enquêtes ont été menées auprès des exploitants, des constructeurs et des SATESE afin de recenser les installations équipées et les contraintes d'exploitation. Dans une seconde phase, des mesures et suivis poussés sur sites d'un certain nombre de pré-traitements compacts ont été réalisés. Le choix des sites retenus, en dehors de leur bon fonctionnement, correspondait à des objectifs fixés : effet du système, de la maille, du type de réseau.

Cette étude a permis d'aborder les performances réelles des pré-traitements compacts, d'en évaluer les contraintes d'exploitation et d'apporter des réponses à un certain nombre de questions fréquemment posées :

- ces systèmes sont-ils équivalents ou non à un pré-traitement classique composé de trois étages ?
- quel est leur créneau d'application : taille de la collectivité, type de réseau, quantité de déchets collectés ?

Le présent document est composé de plusieurs parties. Après un rappel sur les différentes étapes de pré-traitements et sur l'état de l'art pour les pré-traitements compacts, les performances réelles de ces systèmes sont abordées. Puis une synthèse des résultats obtenus permet d'apporter à l'ensemble de la profession, des informations pratiques quant au choix de ce type de pré-traitement, à son dimensionnement, aux préconisations de mise en œuvre, d'exploitation et de gestion des refus, ceci associé à quelques données économiques succinctes.





CHAPITRE 1 – LES PRÉ-TRAITEMENTS EN GÉNÉRAL	7
Définition et composition d’une eau résiduaire urbaine	7
Les pré-traitements en général	8
Synthèse des quantités de refus collectées par étape de pré-traitement	11
Les différents sous-produits récupérés	11
CHAPITRE 2 – LES PRÉ-TRAITEMENTS COMPACTS	15
Principaux systèmes	15
État de l’équipement en France et créneau d’application	18
CHAPITRE 3 – LES PERFORMANCES	21
Performance globale	21
Production de refus	22
Aspects qualitatifs du refus	23
Principaux facteurs influençant la quantité de refus collectés	24
CHAPITRE 4 – EXPLOITATION DES TAMIS	27
CHAPITRE 5 – SYNTHÈSE	31
Créneau d’application	31
Guide et choix d’un pré-traitement compact	31
Préconisations	33
Efficacité équivalente ou non aux pré-traitements classiques	34
Approche succincte sur les aspects économiques	36

CHAPITRE 6 – CONCLUSION	39
ANNEXES	43
Annexe 1 – Méthodologie	44
Annexe 2 – Inventaire des techniques de pré-traitement compact existantes	49
Annexe 3 – Caractéristiques des installations étudiées	56
Annexe 4 – Paramètres influençant l'efficacité des tamis	58
Résumé/Abstract	63



Avant d'aborder les différentes étapes qui composent les pré-traitements classiques, il convient de rappeler les principales caractéristiques d'une eau résiduaire urbaine.

Définition et composition d'une eau résiduaire urbaine

Un effluent urbain est défini comme un effluent issu des activités humaines d'une agglomération. Il est composé principalement d'eau usée domestique et d'une faible proportion d'eau usée industrielle.

Dans le contexte pré-traitement, les principaux paramètres à étudier sont :

- la fraction particulaire grossière ;
- la fraction particulaire décantable, composée de matières minérales (sables) et de matières organiques ;
- et la fraction particulaire hydrophobe caractérisée par les lipides.

La proportion entre ces différentes fractions est variable suivant le type de réseau (unitaire ou séparatif) et ses principales caractéristiques : pentes, longueur, nombre de postes de relèvement, ...



Ces critères interviennent principalement sur la granulométrie de la fraction particulaire et sur la concentration de l'effluent en raison d'éventuels dépôts au sein du réseau de collecte.

On retiendra en moyenne pour une eau résiduaire urbaine normalement concentrée, les valeurs suivantes (cf. tableau 1, page 8).

Les concentrations annoncées varient selon la taille de la collectivité, avec des concentrations en DCO supérieures à 1 000 mg/l pour les très petites collectivités associées à des réseaux très courts et, inversement, avec des concentrations plus faibles liées à l'apport d'eaux parasitaires ou d'eaux pluviales.

La fraction particulaire représente environ 30 % de la DCO totale. Cette DCO est obtenue par différence entre la DCO totale et la DCO du surnageant obtenue après décantation ou centrifugation.

La fraction lipidique exprimée en DCO participe à 30 % de la DCO totale de l'effluent brut compte-tenu qu'un gramme de lipide correspond à environ 2,3 g de DCO.

L'efficacité du pré-traitement dépend principalement de la fraction particulaire et de ses caractéristiques physiques : granulométrie, densité (décantation ou flottation), composition organique ou minérale.

	Paramètres	Concentration (mg/l)
Matières organiques	DCO	700 - 800
	DBO5	300 - 350
	MES	250 - 300
	Lipides	80 - 100
Matières minérales	MM	30

Tableau 1 – Concentrations moyennes d'une eau résiduaire brute en entrée station.

- les matières en suspension (analyse effectuée par filtration).

Les charges moyennes en matières solides contenues dans les effluents bruts sont les suivantes :

- pour un réseau séparatif, de l'ordre de 60 à 80 g de MES par jour et par habitant avec la composition suivante :

80 à 85 % de matières organiques ;
15 à 20 % de matières minérales.

- pour un réseau unitaire, de l'ordre de 70 à 90 g de MES par jour et par habitant composée de :

75 % de matières organiques ;
25 % de matières minérales.

Concernant la granulométrie des matières en suspension, peu de données sont disponibles et l'extrapolation de quelques références est délicate puisque la taille des particules est fortement influencée par les caractéristiques du réseau de collecte.

La figure suivante représente la granulométrie des MES d'un effluent de la ville de Paris (en raison de l'absence de données sur des effluents à dominante domestique et issus de petites collectivités).

Cette courbe, obtenue sur un effluent spécifique, dégage comme première tendance :

- environ 4 % des MES sont supérieures à 1 mm ;
- environ 10 % des MES sont supérieures à 0,6 mm.

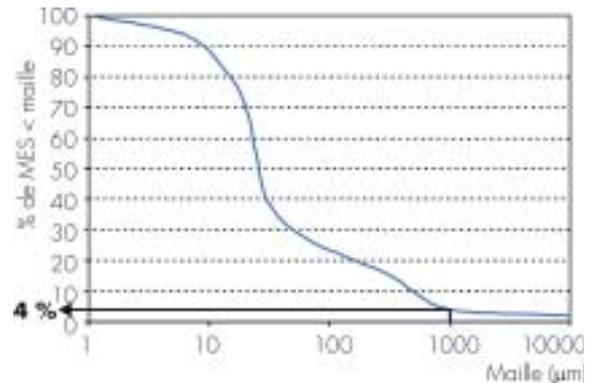


Figure 1 – Granulométrie des MES d'un effluent de Paris (Source : agence de l'eau Seine-Normandie).

Ainsi, l'obtention d'un rendement de 50 % sur les MES nécessiterait la mise en place d'une maille de 30 μm .

Dans le cas de réseaux plus courts et pour une même maille, les rendements devraient être supérieurs en raison d'une dilacération moindre des particules lors du transit dans le réseau.

- les lipides : (cf. document technique FNDAE n° 24)

Les lipides sont surtout composés de triglycérides et d'acides gras libres à très longues chaînes. Par leurs caractéristiques physico-chimiques, ils sont insolubles et hydrophobes. Cette insolubilité est fonction du pH du milieu, avec une solubilité plus importante pour des milieux alcalins, et fonction de la longueur de la chaîne carbonée qui compose l'acide gras (la solubilité augmente avec la diminution de la longueur de la chaîne carbonée). Leur caractère hydrophobe induit leur flottation par une tendance à se fixer sur les matières particulaires de densité inférieure à 1.

Les pré-traitements en général

Les pré-traitements sont une étape préalable au traitement des effluents urbains. Ils consistent en un traitement physique des effluents afin de protéger les organes électromécaniques et les

ouvrages situés à l'aval. Ils se composent de trois étapes distinctes installées en série : un dégrillage, un dessablage et un dégraissage qui fournissent chacun un sous-produit spécifique appelé refus de dégrillage, sables et graisses.

LE DÉGRILLEUR

Il assure la séparation des éléments grossiers en fonction de la maille ou de l'espacement entre les barreaux, afin de prévenir les risques de colmatage des équipements. Selon la taille de la collectivité, l'évacuation des refus peut être entièrement automatisée (ce qui est préférable) ou uniquement manuelle. Ce dernier cas est réservé aux très petites collectivités ou au canal de by-pass d'un système automatisé.

L'efficacité d'un dégrillage ou tamisage est essentiellement dépendant de l'espace inter-barreaux, on parlera :

- d'un pré-dégrillage lorsque l'écartement est supérieur à 50 mm ;
- d'un dégrillage quand il est compris entre 10 et 40 mm ;
- d'un dégrillage fin avec un écartement compris entre 3 et 10 mm ;
- d'un tamisage pour un écartement inférieur à 3 mm.

Avec le micro-tamisage pour des mailles inférieures à 500 µm (non abordé dans cette étude) et le macro-tamisage pour des mailles supérieures à 500 µm.

Dans le cas des eaux résiduaires urbaines, le rendement d'un dégrillage n'est jamais utilisé dans la mesure où il n'a pas une fonction de traitement mais de protection.

L'implantation d'un tamisage peut-être motivée pour deux raisons principales :

Dans le cas des eaux résiduaires urbaines, il permet, en théorie, la suppression des trois ouvrages du pré-traitement classique : dégrilleur, dessableur et dégraisseur.

Les rendements annoncés (constructeurs, fabricants et bibliographie) sont assez variables et

compris entre 5 % et 60 % sur les MES. Cette variabilité des performances confirme l'intérêt de notre étude.

Dans le cas des eaux résiduaires industrielles, le tamisage peut permettre des abattements importants sur les pollutions particulaire et organique. À titre d'exemple, les résultats obtenus pour différents types d'effluent et des mailles de tamis comprises entre 0,5 et 1 mm sont les suivants :

Type d'effluent (tamis de maille 0,5 à 1 mm)	Rendement MES (%)	Rendement DCO (%)
Abattoir	50	25
Conserverie	15	0
Cave vinicole	20	10
Élevage	45	30
Urbain	12	6

Tableau 2 – Rendement du tamisage sur différents types d'effluents.

De plus, le choix de la maille est fonction de la filière de traitement située à l'aval, avec la mise en place de faibles écartements pour des procédés sensibles au colmatage (décantation lamellaire, biofiltration, lit bactérien), et fonction de la quantité de refus qu'il faudra gérer.

À titre d'information, les quantités de refus généralement retenues par équivalent-habitant et par an sont rappelées dans le tableau suivant.

Espacement inter-barreaux	Effluent peu chargé	Effluent chargé
10 mm	Environ 2,2 l/eH/an	Environ 16,5 l/eH/an
25 à 50 mm	Environ 1,1 l/eH/an	Environ 5,5 l/eH/an

Tableau 3 – Quantité de déchets retenus par un dégrilleur.

D'autres formules approximatives existent permettant de calculer la quantité de refus retenus en fonction de l'écartement des barreaux : $\frac{15 \text{ à } 20 \text{ litres}}{e}$ exprimé en litres/eH/an avec e : écartement des barreaux exprimé en cm.

Une variation très importante des quantités de refus calculées est observée selon la concentration de l'effluent (avec un facteur de 7 à 8).

Compte tenu de ces fortes variations, il conviendra d'être prudent lors de la quantification des refus. Celle-ci sera plutôt une indication pour permettre le dimensionnement correct des bacs de stockage et de leur nombre en fonction de la fréquence prévue d'évacuation des déchets.

LE DESSABLEUR

Son but est de retirer les sables et graviers de l'effluent à traiter afin d'éviter les risques d'abrasion des équipements, le colmatage des conduites et les dépôts dans les ouvrages en aval.

De nombreux systèmes existent : dessableur couloir, rectangulaire ou circulaire avec ou sans brassage à l'air (pour le lavage des sables) et des ouvrages combinant les fonctions dessableur-dégraiseur. Dans tous les cas, les sables retenus sont stockés à la base de l'ouvrage avant d'être repris manuellement, par pompage ou par béduvé.

Le dimensionnement des dessableurs équipant les stations d'épuration doit permettre de retenir 80 % des sables de diamètre supérieur à 200 μm .

La figure suivante représente la répartition granulométrique des sables retenus par un dessableur :



Figure 2 – Granulométrie des sables issus d'un dessableur (Source : TSM n° 4, avril 2000, pp. 38-43).

Les quantités de sables retenus, de granulométrie supérieure à 200 μm , se répartissent de la façon suivante :

- de 200 à 600 μm : de l'ordre de 30 %

- de 600 à 1 mm : de l'ordre de 20 %
- > à 1 mm : de l'ordre de 50 %

Ces valeurs sont à prendre avec beaucoup de précautions et sont données uniquement à titre d'information.

Les matières minérales de granulométrie inférieure à 200 μm doivent être maintenues en suspension par des puissances spécifiques de brassage suffisantes afin d'éviter leur dépôt dans les ouvrages.

Les quantités de sable généralement annoncées par équivalent habitant et par an sont de l'ordre de 8 à 15 l/eH/an ou 0,1 à 0,3 l/m³ d'eau traitée avec une densité de 2,65 kg/l de sable piégé.

Les sables extraits contiennent encore une proportion élevée de matières organiques (pouvant atteindre 50 % de MVS) liées à leur adsorption sur les matières minérales avant leur décantation. Ce taux peut-être diminué à 30 %, voire moins, par un lavage poussé.

LE DÉGRAISSEUR

Cet ouvrage permet la récupération des graisses contenues dans l'effluent, les graisses non retenues pouvant engendrer un certain nombre de difficultés sur l'installation de traitement comme :

- le colmatage des conduites ou de certains supports de culture fixée (lit bactérien, biofiltre) ;
- des anomalies de fonctionnement de certains organes (poires de niveau) ;
- des risques de moussage biologique en raison du substrat préférentiel de certaines bactéries filamenteuses.

Il existe deux types de dégraisseurs : le dégraisseur statique et le dégraisseur aéré. Ce dernier est l'ouvrage le plus fréquemment rencontré avec des performances également plus importantes. Ces ouvrages permettent, en cas d'arrivée d'huile, sa séparation protégeant ainsi la filière aval.

Le rendement de ces ouvrages, exprimé en lipides, est en général de l'ordre de 10 %

pour les dégraisseurs statiques et peut atteindre 20 % pour les dégraisseurs aérés bien conçus. Précisons que la quantité de graisse éliminée sur cet ouvrage n'est pas retenue uniquement en surface mais aussi par décantation en raison de l'adsorption des lipides sur les matières décantables.

Un habitant rejetant en moyenne 3 à 7 kg de lipides par an, le dégraisseur collecte en surface, avec 20 % d'élimination dont 10 % en surface, 0,3 à 0,7 kg de lipide/eH/an ou 4,2 à 10 l de lipide/eH/an (avec une concentration en lipide de 70 g/l).

Synthèse des quantités de refus collectées par étape de pré-traitement

À titre indicatif, les quantités de refus obtenues sur l'ensemble d'un pré-traitement classique sont de l'ordre de 12 kg de MS/eH/an, ce qui correspond à un volume d'environ 25 litres.

Les quantités de refus collectées par étape de pré-traitement, pour un effluent prétraité de type domestique, sont les suivantes :

Production moyenne de refus par équivalent habitant et par an			
	En kg de MS	En litres	Remarques
Dégrilleur (espacement inter-barreaux de 10 mm)	1 à 1,5	15 à 20	siccité 8 % (non compacté)
Dessableur (type dessableur-dégraisseur aéré)	12	5 à 8	siccité 80 % (densité 2,65)
Dégraisseur (type dessableur-dégraisseur aéré)	0,3 à 0,7	4,2 à 10	Concentration 70 g/l
TOTAL	13 à 14	24 à 40	

Tableau 4 – Récapitulatif de la quantité de déchets obtenus sur un pré-traitement traditionnel.

Les différents sous-produits récupérés

RAPPELS SOMMAIRES DE LA LÉGISLATION EN COURS

L'une des principales lois en matière de déchets et de leur devenir est la loi du 13 juillet 1992 qui précise que la mise en décharge à compter du 1^{er} juillet 2002 n'est autorisée qu'aux déchets ultimes. La définition de cette notion de déchet ultime est la suivante : « déchet résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de sa part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux ». L'interprétation de cette définition n'est pas aisée dans la mesure où la notion de « conditions techniques et économiques » reste assez floue.

AVENIR DES REFUS ISSUS DE L'ÉTAGE PRÉ-TRAITEMENT

A. PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS PAR TYPE DE REFUS

◆ les refus de dégrillage

Les refus de dégrillage, compte tenu de leur composition, ne sont économiquement et techniquement pas valorisables. Ils sont assimilés à des déchets ménagers (arrêté du 9 septembre 1997) et peuvent soit être mis en décharge, mais cette solution est amenée à disparaître (loi du 13 juillet 1992 et directive européenne du 26 avril 1999), soit être incinérés. Actuellement, la mise en décharge est la solution la plus couramment utilisée mais l'incinération devrait, dans un proche avenir, être l'unique technique envisageable. Afin de diminuer la quantité de matières organiques composant le refus, des équipements permettant leur lavage existent.

◆ les sables

Le devenir des sables pose actuellement quelques interrogations. En effet, les sables non

traités comportent une forte part de matière organique et peuvent être considérés comme un déchet évolutif, ce qui dans l'avenir interdit leur mise en décharge. L'incinération des sables n'est pas envisageable car techniquement difficile et anti-économique. La seule solution reste leur traitement poussé par lavage et classification afin qu'ils soient réutilisés dans les travaux publics notamment (remblais). Cependant, pour les collectivités de moins de 100 000 eH, cette solution n'est pas réaliste d'un point de vue technique et économique. Il ne leur reste donc comme solutions la mise en décharge (comme déchet ultime) ou la mise en place de centres de traitement commun (à l'échelle départementale par exemple).

◆ les graisses

La mise en décharge des graisses n'est plus envisageable compte tenu de la réglementation actuelle. L'arrêté du 23 mai 1997 classe ces déchets dans la catégorie déchets spéciaux qui nécessitent un traitement spécifique, notamment l'utilisation d'incinérateurs adéquats compte tenu de leur fort pouvoir calorifique et de leur instabilité.

Une valorisation de ces graisses paraît difficile (anti-économique et impopulaire). Il reste par contre leur traitement biologique, possible pour des installations de taille importante. Pour les petites installations de moins de 10 000 eH, cette solution n'est pas envisageable sans un regroupement des graisses à traiter au sein d'une même installation (tout comme les sables).

D'autres pratiques existent (épandage avec les boues par exemple) mais elles devront disparaître rapidement compte tenu de la réglementation.

◆ les refus de tamisage

Les refus de tamisage peuvent être définis comme des refus de dégrillage (dégrillage fin) donc comme des déchets assimilables aux ordures ménagères au titre de l'annexe 1 de l'arrêté du 9 septembre 1997.

Leur composition très hétérogène ne permet pas leur valorisation (sauf incinération) avec

les moyens techniques actuels (épandage, compostage, ...) mais aussi d'un point de vue économique. La mise en décharge de ces refus de tamisage est encore la destination actuelle pour les installations existantes (à plus de 70 % d'après l'enquête réalisée auprès des exploitants de tamis) malgré la loi du 13 juillet 1992 qui interdit cette destination. Dans la mesure où les refus de tamisage suivent, pour une majorité, les filières traditionnelles de collecte et de traitement des ordures ménagères, ce problème n'est donc pas spécifique.

Depuis le 1^{er} juillet 2002, si la collectivité concernée dispose d'une installation d'incinération proche pouvant accueillir ces déchets, ce moyen est le seul autorisé pour l'élimination des ordures ménagères et assimilées (refus de tamisage compris). Dans le cas contraire, la mise en décharge est la seule solution technique et économique viable. Le problème de la siccité du refus, qui doit être supérieure à 30 % (arrêté du 9 septembre 1997), est alors posé. Il conviendrait donc, si le refus ne respecte pas cet objectif minimum, d'augmenter sa siccité par un traitement spécifique (égouttage, compactage et chaulage). Cependant, si ces refus sont mélangés avec les ordures ménagères, le problème de leur siccité (la siccité moyenne « refus et OM en majorité » est largement supérieure à 30 %) ne se pose plus.

B. CAS DE L'INCINÉRATION

Nous avons vu que, depuis le 1^{er} juillet 2002, le principal débouché des refus de pré-traitement compact est leur mise en incinération. La caractéristique essentielle pour leur élimination est la notion de pouvoir calorifique inférieur ou PCI. Elle indique la quantité de chaleur produite lors de la combustion complète d'une quantité de produit. Son interprétation permet de connaître le niveau de combustion du produit en vue d'estimer l'ajout ou non d'un combustible d'appoint.

Le PCI d'un déchet constitué d'ordures ménagères est de l'ordre de 5 000 à 8 000 kilojoules/kg de produit. Il dépend principalement de la teneur en matière organique et de sa composition : siccité, proportion de lipides, ...

À titre d'exemple, les PC de différents produits sont les suivants :

Type de produit	Mat. combustibles (%)	Cendres (%)	Pouvoir calorifique (kJ/kg M.S.)
Ordures ménagères	84,8	15,2	19 230
Boues de station	59,6	40,4	12 330
Résidu de dégrillage fin	86,4	13,6	20 900
Résidu de dessableur	33,2	66,8	9 280
Résidu de dégraisseur	88,5	11,5	38 870

Tableau 5 – Exemple de PC de différents produits
(source « Gestion des eaux usées urbaines et industrielles » W.W. Eckenfelder).

Le PCI est obtenu à partir du pouvoir calorifique par la formule suivante :

$$\text{PCI (en kcal/kg de produit)} = [(\text{PC} \times \text{siccité}) - (600 \times \{1 - \text{siccité}\})]$$

Avec le pouvoir calorifique exprimé en Kcal/kg de MS.

Pour obtenir les références en kcal, 1 Calorie = 4,18 Joules.



Principaux systèmes

Parmi les nombreux systèmes disponibles, trois principales techniques de tamisage se partagent l'ensemble du marché avec la répartition ci-contre.

La part « autres tamis » est principalement représentée par les tamis statiques à alimentation tangentielle.

Les principaux systèmes rencontrés équipent des collectivités inférieures à 5 000 eH pour 79 % du parc recensé et leurs caractéristiques sont présentées ci-après.

LE TAMIS ROTATIF À ALIMENTATION EXTERNE

Le principe de fonctionnement est schématisé par la figure 4 page 16 : l'eau usée brute arrive, le plus souvent après relèvement, en surface de l'appareil et traverse le tamis rotatif sur le quart supérieur du tambour. Les déchets accumulés en surface sont récupérés à l'aide d'une lame raclante. L'eau tamisée est évacuée gravitairement après passage au travers du tamis dans sa partie inférieure, assurant ainsi le nettoyage du tamis

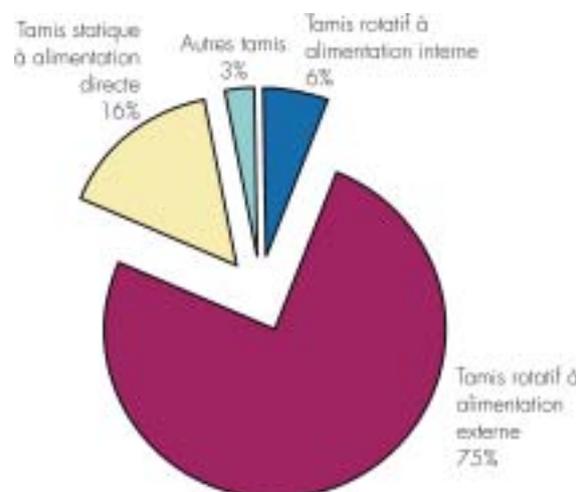


Figure 3 – Répartition des différentes techniques de tamisage en France.

en raison de la circulation inversée par rapport à l'eau brute. Un système de nettoyage automatique (rampe orientée verticalement) fonctionnant sur des cycles de

lavage bien précis est installé au centre du tambour.

Les déchets raclés sont récupérés soit directement dans un bac soit évacués à l'aide d'une vis de convoyage assurant à son extrémité le compactage du produit avant son stockage (avec ou sans ensachage automatique).

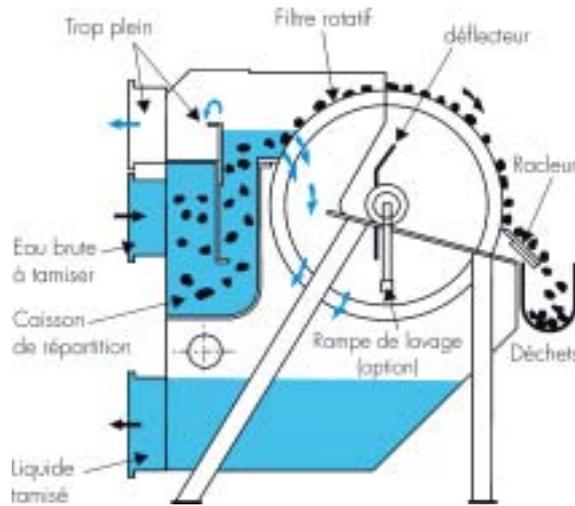


Figure 4 – Principe de fonctionnement du tamis rotatif à alimentation externe.



Photos 1 et 2 – Tamis rotatif à alimentation externe.

LE TAMIS ROTATIF À ALIMENTATION INTERNE

Les eaux à traiter sont amenées le plus souvent par pompage à l'intérieur du tamis par une extrémité du tambour. L'eau traverse la grille, les déchets retenus à l'intérieur du tamis étant amenés progressivement à l'opposé de l'entrée à l'aide d'une spirale interne. Au cours du transfert, la siccité du déchet est améliorée. Le décolmatage de la grille est assuré par une rampe de lavage située à l'extérieur du tamis et programmée sur des cycles adaptés. Pour certains systèmes, l'ajout d'une brosse rotative extérieure participe également à son décolmatage. Le schéma de principe est le suivant :

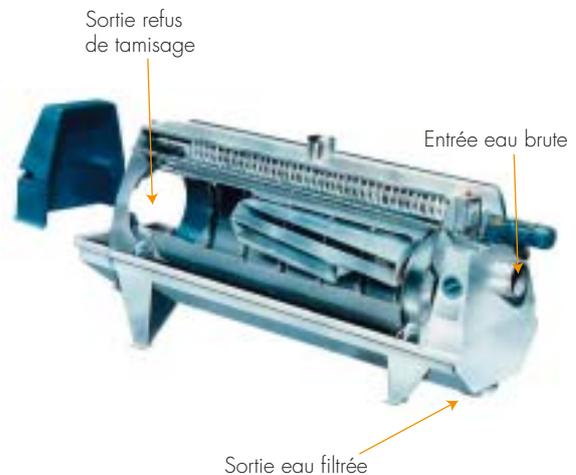
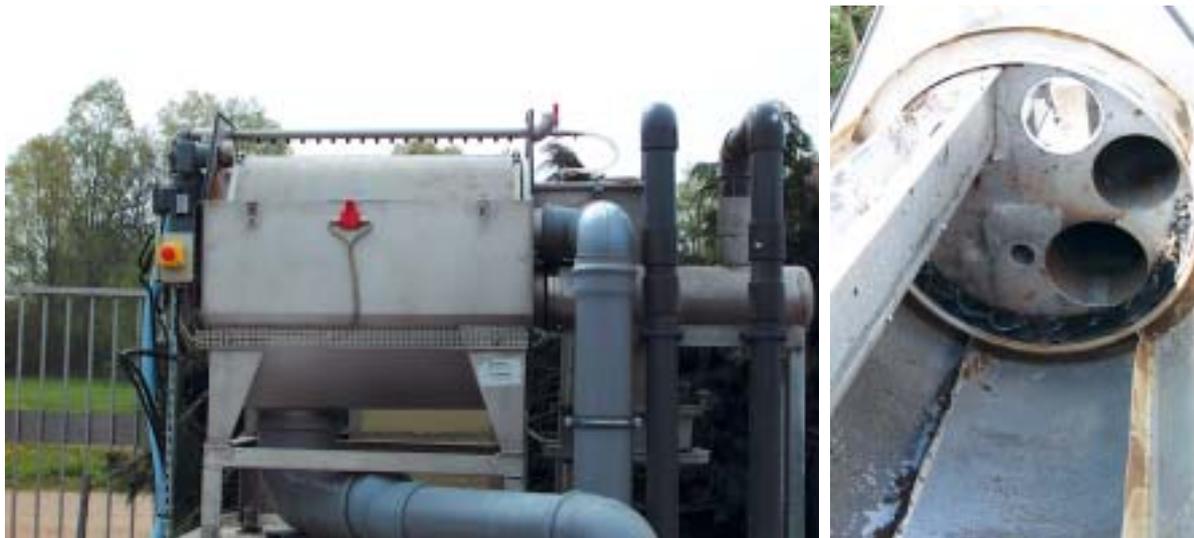


Figure 5 – Principe de fonctionnement du tamis rotatif à alimentation interne.



Photos 3 et 4 – Tamis rotatif à alimentation interne.

Comme pour le tamis à alimentation externe, le déchet peut être réceptionné directement dans un bac de stockage ou compacté avec ou sans ensachage automatique.

À titre d'exemple, les photos ci-dessus représentent le système (vue extérieure et intérieure du tambour rotatif).

LE TAMIS STATIQUE À ALIMENTATION DIRECTE

Le tamis est généralement placé directement dans le canal d'amenée des effluents à traiter,

ce qui permet d'éviter le relevage des eaux. Il est constitué d'une grille fixe demi-cylindrique avec une inclinaison de 35 % à 50 % par rapport à l'horizontale.

Les déchets retenus sont retirés de la grille par l'intermédiaire d'une vis de convoyage équipée à sa base d'une brosse (au niveau de la grille) pour son nettoyage. Les déchets relevés sont ensuite compactés avant d'être récupérés dans un bac (avec ou sans ensacheur).

Son schéma de fonctionnement, accompagné de photos, est le suivant :

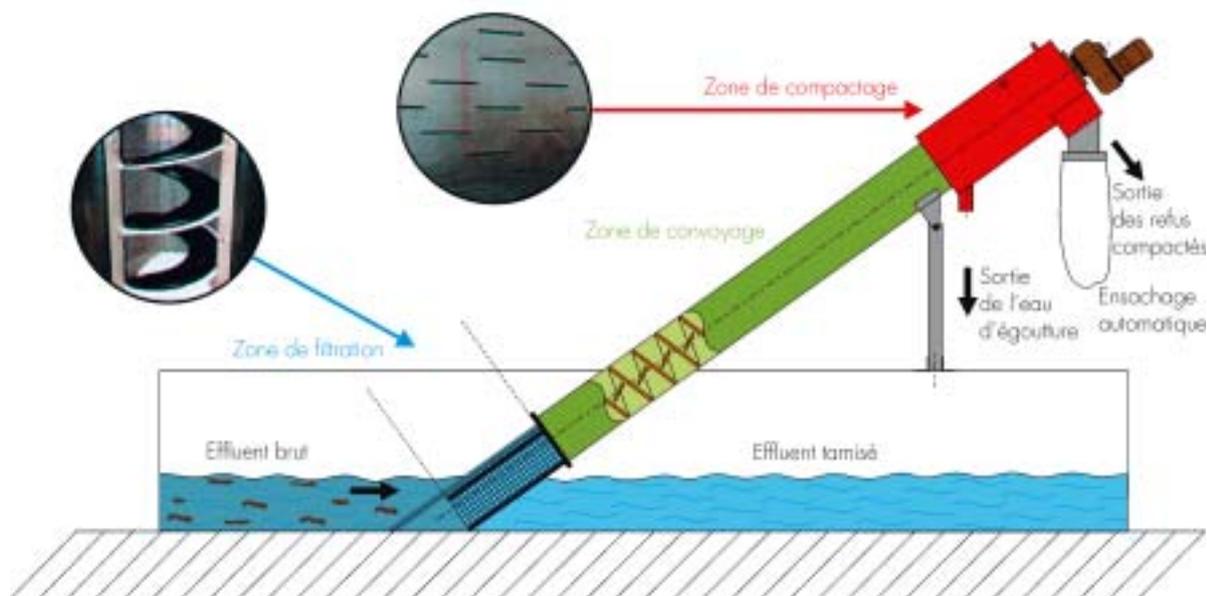


Figure 6 – Principe de fonctionnement du tamis statique à alimentation directe.



Photos 5 et 6 – Tamis statique à alimentation directe.

LE TAMIS STATIQUE À ALIMENTATION TANGENTIELLE

Ce système est peu utilisé pour le traitement des eaux résiduaires urbaines mais équipé particulièrement les industriels. Son principe est basé sur une alimentation en eau brute au niveau haut d'une grille inclinée et composée de pentes différentes et distinctes de 60 à 45° par rapport à l'horizontale. L'eau traverse la grille et les matières grossières retenues sont entraînées gravitairement vers sa base avant d'être évacuées, la longueur de la grille améliorant la siccité du refus.

Son principe de fonctionnement est illustré par le schéma ci-contre.

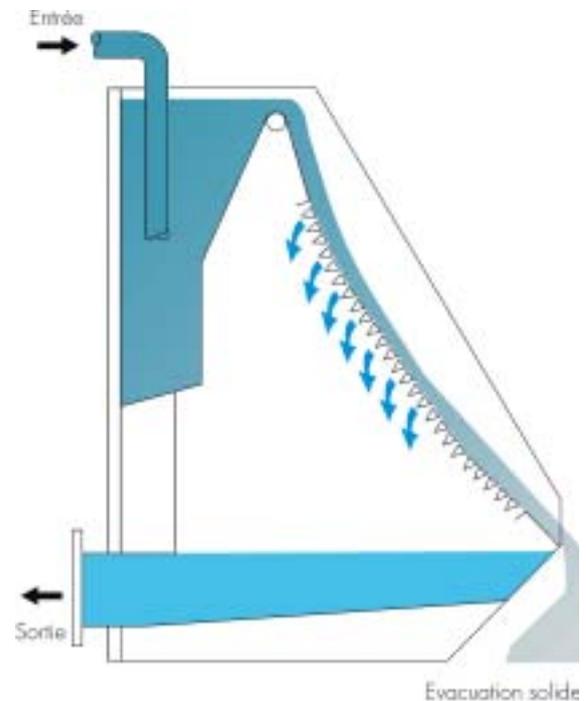


Figure 7 – Principe de fonctionnement du tamis statique à alimentation tangentielle.

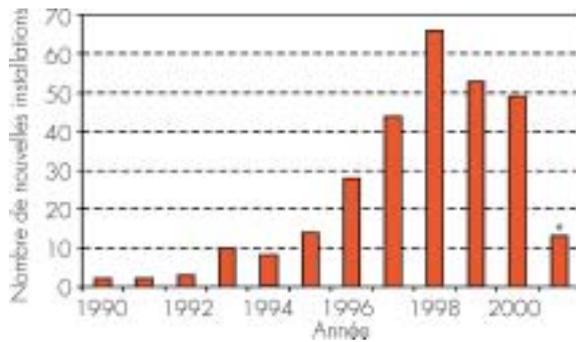
État de l'équipement en France et créneau d'application

ÉVOLUTION DU MARCHÉ

Au début des années 90, le nombre de collectivités équipées était relativement faible (inférieur à 10) puis le développement de la technique

a fortement augmenté puisqu'en 2002, l'état du parc est estimé à plus de 300 sites équipés avec une progression annuelle de l'ordre de 50 à 70 installations.

La figure ci-après montre l'évolution annuelle du nombre de tamis installés.



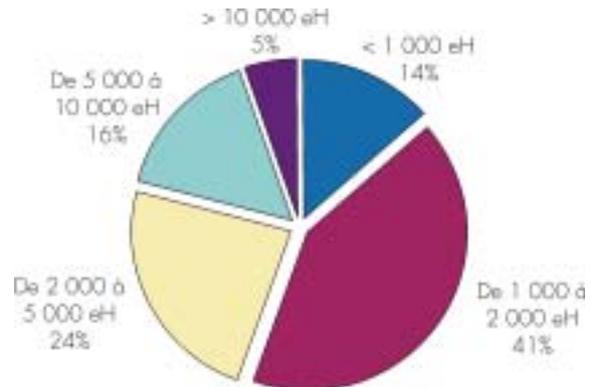
* en 2001 nombre d'installations incomplet

Figure 8 – Évolution du nombre de tamis installés par an.

À partir de 1999, la diminution du nombre de sites s'explique, en partie, par l'absence de données objectives sur ces systèmes et par l'attente de l'édition de ce document.

L'installation de ces tamis concerne des collectivités :

➤ de faible capacité de traitement, variant de 400 à 20000 eH, avec la répartition suivante :



(pourcentages réalisés sur 130 réponses)

Figure 9 – Répartition suivant leur taille des stations françaises équipées de tamis.

➤ traitant des effluents collectés aussi bien par des réseaux séparatifs (50 %), que par des réseaux unitaires (23 %) ou pseudo-séparatifs (27 %).

Des différences importantes sont observées au niveau de leur répartition géographique nationale. Elles s'expliquent essentiellement par l'affinité des décideurs locaux à cette technique et par la stratégie des constructeurs de stations d'épuration.



Elles sont obtenues à partir du suivi de 13 installations équipées des trois principaux types de systèmes commercialisés, de capacités différentes et traitant des eaux résiduaires urbaines collectées par des réseaux séparatifs ou unitaires. L'étude de ces différents critères avait pour objectif de dégager des relations entre les performances du système et ces paramètres.

Les caractéristiques des sites étudiés et les résultats détaillés sont regroupés à l'annexe 3.

Performance globale

L'analyse globale des résultats obtenus en période de temps sec fournit les valeurs suivantes (cf. tableau 6).

Les rendements globaux obtenus sont faibles et confirment l'intérêt de ce système pour des eaux résiduaires urbaines comme protection des ouvrages et non comme système d'élimination d'une partie de la pollution.

Une très grande variabilité des résultats est observée. De plus, les moyennes obtenues

sont très faibles comparées aux valeurs annoncées par certains constructeurs.

	Rendements (en %)			
	DCO	MES	MM	Lipides
Moyenne	2,7	3,8	3,1	2,0
Écart-type	2,1	3,9	5,4	1,4
Minimum	0,4	0,4	0,2	0,4
Maximum*	8,7	16,1	19,3	5,4

* valeur extrême constatée sur un site équipé d'un réseau très court et sans relèvement.

Tableau 6 – Rendements des systèmes de tamisage étudiés.



Une analyse détaillée des performances en fonction des critères étudiés (taille de la collectivité, type de système, taille des mailles, ...) n'a pas permis de dégager de relation nette et s'explique par la combinaison de plusieurs paramètres (effet multicritères).

La relation obtenue la plus étroite est l'influence de la pluviométrie sur les rendements des systèmes comme le montrent les résultats mesurés sur une installation :

	Rendements moyens (en %)	
	Temps de pluie (6 jours)	Temps sec (17 jours)
DCO	3,2	1,9
MES	3,4	2,6
MM	2,1	1,6
Lipides	2,1	1,5

Tableau 7 – Rendements des systèmes de tamisage par temps sec et par temps de pluie.

Production de refus

La production de refus calculée sur les différentes installations est toujours exprimée par équivalent-habitant et par an. Le nombre d'équivalents habitants est obtenu par la mesure de la charge polluante entrante sur le système étudié divisée par la pollution rejetée par l'habitant de référence (retenu dans cette étude à 100 g de DCO/habitant).

Les productions de refus compactés mesurées par temps sec sont les suivantes :

En temps sec	Production de refus par an et par eH		
	Quantité en kg de MS	Masse de refus en kg*	Volume de refus ** (refus compacté) en litre
Moyenne	0,5	2,6	2,6
Minimum	0,1	0,4	0,4
Maximum	2,1	10,7	10,7

* avec une siccité moyenne du refus compacté de 20 %

** et une masse volumique moyenne du refus de 1 kg/litre

Tableau 8 – Production de refus mesurée, par an et par eH.

La quantité de refus est ainsi très variable d'un site à l'autre et l'effet systématique de plusieurs paramètres simultanés sur la quantité de refus n'a pas permis de dégager de relation nette.

L'impact d'une pluie influence très fortement cette production de refus comme le montre les résultats obtenus sur une installation. Ce facteur de variation journalière (obtenu pour une

période donnée par le ratio Quantité maximale de refus obtenue/Quantité moyenne) donne un ordre de grandeur mais il est difficilement extrapolable à d'autres collectivités puisqu'il dépend fortement de la qualité du réseau (pente, contre-pente, dépôts), des caractéristiques de la pluie (intensité, durée) et des surfaces de zones imperméabilisées et collectées.

Facteur de variation journalière de la quantité de refus		
Sur 15 jours de suivi journalier et sur 12 sites	Temps sec (séparatif ou unitaire)	Temps de pluie (unitaire ou pseudo)
Au maximum	2	20*

* sur certaines installations, il est probable que ce coefficient soit encore plus important.

Tableau 9 – Variation de la production de refus au cours du temps.

Le facteur de variation journalière le plus élevé obtenu est de 20 par temps de pluie et de 2 par temps sec.

Cette forte production de refus lors d'un épisode pluvieux (facteur 20) s'explique principalement par l'intensité de la pluie et par la quantité de dépôts présents dans le réseau en fonction de sa conception.

Dans un projet de dimensionnement où ce type de traitement est imposé, l'approche de la quantité moyenne journalière de refus, en réseau unitaire pourrait être basée sur la démarche suivante :

- 5 jours de temps sec, à 0,5 kg de MS/eH. an,
- 1 jour de temps de pluie, à 20 × 0,5 kg de MS/eH. an,
- et 1 jour de vidange du bassin d'orage (basé sur la pointe du temps sec, soit 1 kg de MS/eH. an).

On obtient ainsi une production de refus de 1,9 kg de MS/hab. an.

À titre d'exemple, pour une collectivité dimensionnée pour traiter 150 kg de DCO par jour en période de temps sec (de l'ordre de 1500 habitants), la quantité de refus est la suivante :

		Quantité moyenne par jour	
		Réseau séparatif (1 jour sur 2 une pointe)	Réseau unitaire
	Référence (kg de MS/hab. an)	0,75	1,9
Compacté avec une siccité de 20 %	Masse de refus kg de MS/j en kg de produit/jour	3,1 15,4	7,8 39
	Volume de produit en l de produit brut/jour (masse volumique = 1)	15,4	39

Tableau 10 – Exemple de production de refus pour une collectivité de 1 500 habitants.

Aspects qualitatifs du refus

SICCITÉ DES REFUS

Le taux de siccité du refus est fortement dépendant :

➤ de la présence ou non d'un compacteur. Les résultats suivants ont été obtenus pour une même qualité de refus par la suppression du compacteur sur une même installation.

	Avec compactage	Sans compactage
Mini	17,0 %	5,5 %
Maxi	24,0 %	13,0 %
Moyenne	22 %	10 %

Tableau 11 – Variation de la siccité avec ou sans compacteur.

L'absence de compactage occasionne une variabilité de la siccité beaucoup plus élevée liée au degré de colmatage du tamis. Le mode d'asservissement du lavage retenu peut également pénaliser la siccité du déchet.

Maille du tamis	Période	Siccité	Gain
1,5 mm	sèche	30 %	+ 5 %
	pluvieuse	35 %	
0,75 mm	sèche	13 %	+ 9 %
	pluvieuse	22 %	

Tableau 13 – Variation de la siccité avec ou sans pluie sur une même installation.

À titre d'exemple, l'arrêt du lavage automatique de la zone de compactage a révélé un gain de siccité de 14 %.

Compacteur	Sans lavage automatisé	Avec lavage automatisé
Siccité du refus compacté	32 %	18 %

Tableau 12 – Variation de la siccité avec ou sans lavage automatique du compacteur.

➤ de la pluviométrie. Ce dernier paramètre améliore la siccité en raison de l'apport d'une fraction minérale plus élevée facilitant son ressuyage mais elle peut être plus faible si le système et plus particulièrement la partie convoyage et stockage des refus, ne sont pas protégés des intempéries. Ce point peut-être facilement résolu par une meilleure conception de l'installation (cf. tableau 13).

En sortie du compacteur, le gain de volume est important mais au cours du transit du déchet, ce gain est réduit par la chute dans le bac de stockage qui occasionne un léger décompactage.

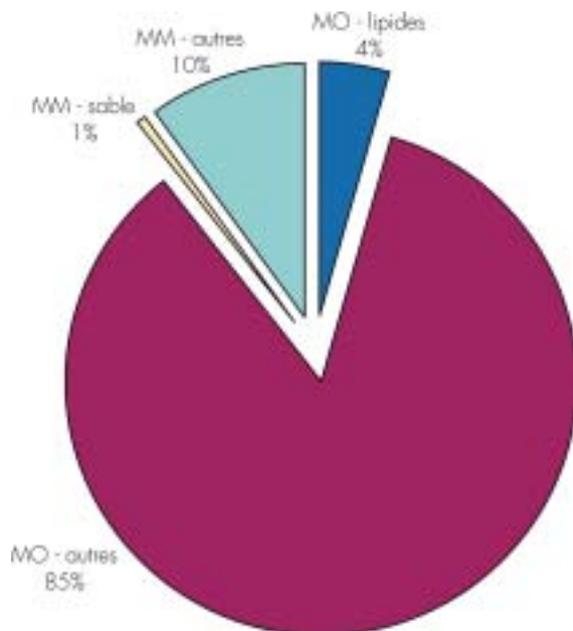


Figure 10 – Composition d'un refus en temps sec (moyenne sur 17 mesures).

	Gain en volume
Mini	1,8
Maxi	2,6
Moyenne	2,3

Tableau 14 – Gain de volume du déchet en présence d'un compacteur.

En aval du compacteur, la masse volumique du déchet compacté est de l'ordre de 1,2 à 1,4 kg de produit brut/litre.

COMPOSITION D'UN REFUS

Un refus de pré-traitement compact, obtenu en période de temps sec, est composé en moyenne de :

- 89 % de matières organiques, dont 4 à 5 % liés aux lipides ;
- et de 11 % de matières minérales, dont 7 à 8 % de sables.

Par temps de pluie, cette composition peut varier fortement (intensité de la pluie, caractéristiques du réseau,...) et à titre d'information, les résultats obtenus sur un site sont les suivants :

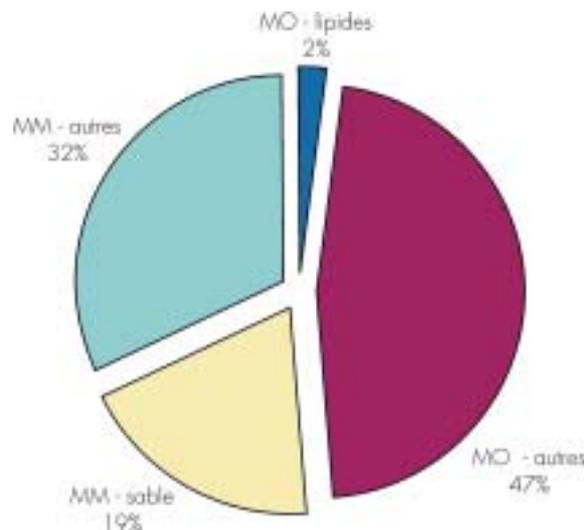


Figure 11 – Composition d'un refus en temps de pluie (1 mesure).

– 49 % de matières organiques, dont 4 à 5 % de lipides ;

– et 51 % de matières minérales dont 37 % sont des sables.

Compte tenu de l'hétérogénéité de la composition du refus et de son taux élevé en matières organiques, l'incinération risque d'être à terme la seule solution envisageable comme mode d'élimination. Dans ce cadre, des mesures de PCI ont été effectuées pour situer l'ordre de grandeur de ce déchet.

PCI = 3832 kJ/kg de produit (siccité de 27,1 %)

Le P.C.I moyen des ordures ménagères se situe entre 5000 et 8000 kJ/kg de produit. Au vu des résultats, son mélange avec les ordures ménagères dès la phase de collecte permet d'améliorer sensiblement le PCI et facilite la gestion du déchet au moment de l'incinération par l'apport d'un produit mixte (mais en faible proportion avec les ordures ménagères).

Principaux facteurs influençant la quantité de refus collectés

Lors du suivi des principaux systèmes commercialisés en France, un certain nombre de paramètres ont été retenus pour étudier leur impact

sur la quantité des refus. L'analyse détaillée des résultats figure en annexe.

En dehors de l'effet de la pluviométrie déjà abordé, les principales interprétations sont les suivantes :

- aucune relation nette et systématique entre le type de système étudié et la maille installée n'est observée. Les quantités de refus mesurées dépendent de la combinaison de nombreux paramètres ;

- seule la longueur du réseau séparatif influence fortement la quantité de refus obtenue. L'analyse d'un même système implanté sur différents réseaux séparatifs montre que la quantité de refus augmente avec des réseaux courts, s'expliquant en partie par une dilacération moindre des matières en suspension au cours du transit. De plus, la longueur du réseau s'accompagne le plus souvent de la présence d'un certain nombre de postes de relèvement qui peuvent occasionner des dépôts (rétention de MS en période sèche) ainsi qu'un broyage des déchets.

Les rendements obtenus peuvent ainsi varier d'un facteur 4 :

	Site équipé d'un réseau court	Site équipé d'un réseau long
Rendement en MES (%)	15,3	3,5
Rendement en DCO (%)	8,5	2,5
Masse de refus (kg MS/hab. et par an.)	2,00	0,6

Tableau 15 – Effet de la longueur du réseau sur l'efficacité des tamis.

À partir des treize sites étudiés (environ 180 jours de mesures), les quantités moyennes de matières sèches obtenues en fonction de la maille ont donné les valeurs suivantes :

Mailles	Quantité de MS/eH/an
> à 600 – 750 µm	0,4
> à 1 – 1,5 mm	0,35
> à 20 mm	0,08

Tableau 16 – Quantité de refus mesurée en fonction de la maille du tamis.

Ce qui donne la répartition suivante :

- 20 % de refus ont une granulométrie supérieure à 2 cm ;

- 67 % de refus sont compris entre de 1 mm à 20 mm ;

- 13 % de refus ont une granulométrie comprise entre 600 µm et 1 mm.

Cette répartition montre que la maille du tamisage ne doit pas être supérieure à 1 mm. Les différences observées entre les tamis équipés d'une maille de 600 µm et de 750 µm sont très faibles et ne militent pas pour retenir la maille la plus faible en raison d'un risque de colmatage plus fréquent.

Ces résultats sont obtenus en période de temps sec. Par temps de pluie, la proportion est différente avec une augmentation de la fraction supérieure à 20 mm (36 % de la MS > à 20 mm).



Les résultats de l'enquête ont révélé un degré de satisfaction des exploitants très important, proche de 90 %. Ce taux élevé est surprenant compte tenu des problèmes rencontrés touchant ces installations :

- 26 % du parc a connu des problèmes liés au gel ;
- 19 % du parc a connu des problèmes liés aux graisses ;
- 12 % du parc a connu des problèmes liés aux sables.

Ce taux de satisfaction s'explique surtout par l'absence d'exploitation systématique puisque certains dysfonctionnements occasionnant le *bypass* de l'ouvrage n'avaient pas été détectés lors de notre visite ou n'avaient pas occasionné d'exploitation supplémentaire compte tenu du fonctionnement régulier du *bypass*.

Lors de notre étude, la sélection de 13 sites a nécessité la pré-visite de 40 stations. En effet, 75 % des installations présentaient un certain nombre de problèmes détectés ou non par l'exploitant : colmatage important, mauvais calage du *bypass*, tamis hors service, lavage automatique inexistant, ... Le nombre d'interventions hebdomadaires pour l'entretien courant annoncé lors de notre enquête est le suivant :

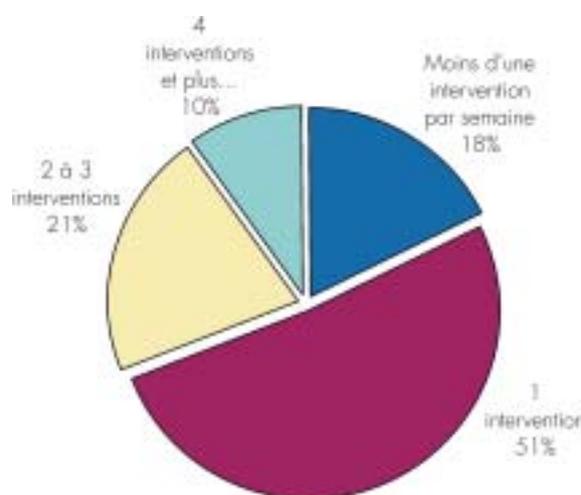


Figure 12 – Nombre d'interventions hebdomadaires réalisées par les exploitants de tamis.

Le faible nombre d'interventions et leur courte durée confirme aussi le degré de satisfaction.

Dans des conditions de fonctionnement classique du système, un entretien hebdomadaire intégrant un lavage poussé externe du système peut-être considéré comme une moyenne sur un système bien conçu (asservissement, lavage, pression, ...).

Les principaux problèmes rencontrés sur ces appareils sont les suivants :

➤ Problèmes liés au gel

Ils touchent tous les systèmes commercialisés situés à l'extérieur et peuvent entraîner des dégradations importantes et de longues périodes d'arrêt. Ce facteur de dégradation peut-être définitivement supprimé par la mise en place du système dans un local hors gel avec des précautions de calorifugeage sur les conduites d'amenée d'eau de lavage.

➤ Problèmes liés aux graisses

Ils touchent principalement les installations à tamis rotatifs à alimentation externe et les tamis statiques. Ce point s'explique par le mode de nettoyage (lame raclante ou brosse) qui étale la graisse et obstrue les orifices.

Un colmatage n'entraîne pas de détérioration de l'équipement mais peut engendrer d'importantes contraintes d'exploitation liées aux nettoyages fréquents lors des débordements.

La photo suivante représente un cas extrême d'arrivée de graisses sur un tamis statique (effluent industriel issu de la transformation du foie gras).



Photo 7 – Arrivée de graisses sur un tamis statique.

Ce problème de graisses est fréquent sur des collectivités où les concentrations en graisses sont élevées en raison d'une activité industrielle (agroalimentaire) ou artisanale locale.

➤ Problèmes liés aux sables

La dégradation des équipements s'effectue progressivement et la fréquence du problème annoncée (12 %) est souvent identifiée par l'arrêt définitif du système. Ce problème touche uniquement les installations alimentées par des réseaux unitaires et plus particulièrement les tamis rotatifs à alimentation externe et les statiques. Si les systèmes à alimentation interne présentent moins de risques au niveau du tamis, les problèmes sont identiques aux autres systèmes pour la partie convoyage et compactage du déchet.



Photos 8 et 9 – Détérioration d'un tamis par les sables et graviers.

D'autres problèmes sont identifiés et liés le plus souvent à une absence de réception correcte de l'équipement lors de sa mise en route ou à un dérèglement au cours du temps. Ces principaux points sont listés ci-après :

- un calage du by-pass non optimisé ;
- l'absence de système d'évacuation d'eau au niveau du sol sous l'appareil (en cas de débordement) ;

- un mauvais fonctionnement de la rampe eau de lavage (mauvaise orientation ou colmatage des buses, pression insuffisante de l'eau de lavage) ;
- un asservissement de l'appareil peu performant : temps de rotation du tambour et du convoyeur, cycles de lavage ;
- une gestion des refus difficile : volume des bacs, surface du local de réception,

volume (et poids) à gérer trop important, chemin d'accès non stabilisé, présence d'obstacles ;

- des arrivées massives de charges polluantes liées aux vidanges de bassin d'orage, à la ré-injection de matières de vidanges,...

Des préconisations sont abordées dans le chapitre « synthèse » suivant.



À partir des nombreux suivis, des visites de sites et des discussions avec les exploitants, certaines recommandations et préconisations sur ces équipements peuvent être dégagées.

Créneau d'application

Le choix du système de pré-traitement compact doit être fonction des caractéristiques de l'effluent, du réseau et de la filière de traitement aval.

Dans le cas des eaux usées domestiques, ces systèmes sont bien adaptés pour des réseaux strictement séparatifs et pour des tailles de collectivités n'excédant pas 5 000 eH. Cette limite est fixée en raison des volumes de refus collectés importants.

Leur implantation sur des réseaux unitaires engendre des dégradations prématurées de l'appareil ainsi que d'énormes contraintes d'exploitation. Sur ce type de réseau, cet équipement nécessiterait la mise en place d'un dessableur à l'amont mais cette nouvelle configuration désavantage fortement l'intérêt du pré-traitement compact (compacité et refus unique).

Dans le tableau suivant, différents points sont énumérés et ont pour objectif de préciser les



principaux avantages, inconvénients et contre-indications d'un tel dispositif.

Guide et choix d'un pré-traitement compact

31

CHOIX DU SYSTÈME

Les trois systèmes les plus commercialisés possèdent chacun leurs particularités :

- le tamis rotatif à alimentation externe est relativement bien adapté aux réseaux séparatifs ;
- le tamis rotatif à alimentation interne présente des contraintes d'exploitation moindres et semble mieux réagir à d'éventuelles arrivées de sables et de graisses (réseau unitaire) ;
- le tamis statique à alimentation directe est adapté uniquement à une alimentation gravitaire, pour des effluents strictement domestiques et collectés par un réseau séparatif.
- en cas de colmatage, en particulier par des graisses (effluents non domestiques), son nettoyage automatique est très peu performant.

Avantages	Inconvénients	Contre-indications
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Refus unique (avec possibilité de compactage) ➤ Hygiène (absence de contact : refus directement ensaché) ➤ Gain de place ➤ Filière aval bien protégée des matières grossières 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Consommation importante d'eau de lavage ➤ Matériel fragile aux sables et aux graisses ➤ Exploitation limitée mais indispensable ➤ Gestion des refus obligatoire (évacuation) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sur des réseaux unitaires ou pseudo-séparatif ➤ Sur des effluents très riches en graisses

Tableau 17 – Avantages, inconvénients et contre-indications du pré-traitement compact.

CHOIX DE LA MAILLE

Chaque constructeur propose une maille standard pour sa commercialisation. Il est difficile de prendre position sur le choix de cette maille compte tenu des résultats variables et très hétérogènes obtenus lors de nos suivis.

Un compromis entre le choix de la maille et les contraintes d'exploitation doit être trouvé, et une maille comprise entre 750 µm et 1,5 mm semble être le bon compromis, avec la valeur haute pour les réseaux courts.

DIMENSIONNEMENT

Les valeurs annoncées sont issues de recommandations émises par les constructeurs de ces

matériels, des observations collectées lors de l'enquête et des suivis. Ces valeurs devraient être dépendantes de l'aspect qualitatif et quantitatif des eaux à traiter mais le point qualitatif est peu détaillé par les constructeurs dans les documents fournis.

Pour des effluents classiques (MES ~ 250 mg/l), les valeurs ci-après donnent des ordres de grandeur par système et permettent une interprétation du dimensionnement arrêté par le constructeur.

Les données sont exprimées en m³/m² de tamis et par heure.

Dans le cas des tamis statiques, la surface est calculée en supposant un demi-cylindre.

	Mailles	Diamètres du tamis	Valeurs guides m ³ /m ² de tamis. h ⁻¹
Tamis rotatif à alimentation externe	600 µm	630 mm	30-40
	750 µm		40-50
Tamis rotatif à alimentation interne	1,5 mm (pouvoir de coupure 0,75 mm)	700 mm	55
	2 mm (pouvoir de coupure 1 mm)	600 mm	85
Tamis statique à alimentation directe	1 mm	500 mm (largeur du canal*)	90

Tableau 18 – Données de dimensionnement constructeurs.

* La surface retenue pour le tamis statique est calculée en tenant compte :
 – d'un angle d'inclinaison de 60° ;
 – de la surface développée de la grille proche d'un demi-cercle (0,87 m) ;
 – de la hauteur de la lame d'eau qui permet l'utilisation d'une moitié de grille ;
 – et de l'application d'un coefficient de 0,5 sur la surface calculée compte tenu d'une surface mouillée moindre (proche de 50 %).

Ces valeurs peuvent être diminuées de 15 à 20 % pour des effluents plus concentrés, de l'ordre de 400 mg de MES/litre.

Préconisations

SUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA PARTIE PRÉ-TRAITEMENT

Les préconisations de mise en œuvre concernent trois points :

- protection contre le froid. Afin d'éviter des dégâts importants sur l'équipement ou son by-pass, le pré-traitement compact sera installé dans un local fermé et hors gel. Des précautions (calorifugeage) seront aussi prises sur la conduite d'arrivée d'eau nécessaire aux lavages réguliers et automatiques du système ;
- évacuation en cas de débordement. Malgré toutes les précautions prises lors du dimensionnement du système, des débordements occasionnels doivent être envisagés. Ceux-ci nécessitent une aire de réception des eaux avec un point bas pour la collecte et l'évacuation des eaux à l'entrée station (pente importante du radier) ;
- et une exploitation aisée.

Il est important de prévoir une surface suffisante autour de cet équipement afin d'en faciliter l'accès et l'entretien (démontage de la rampe de lavage, lavages du tamis et du compacteur).

Un point d'eau et une alimentation électrique doivent être prévus pour le nettoyage hebdomadaire poussé du système en fonctionnement à l'aide d'un Kärcher (option eau chaude préférable, en particulier sur des installations où la concentration en graisses risque d'être élevée).

Lorsque l'appareil est équipé d'un capotage intégral (la majorité des cas), l'accès au tambour en rotation et au compacteur doit être

facilité pour leur nettoyage : capot facilement démontable, sécurité aisée à déconnecter.

Le nettoyage automatique, par l'intermédiaire de la rampe de lavage, peut être alimenté à partir du réseau d'eau potable ou avec de l'eau industrielle. La pression doit être importante (> à 7 bars) et l'utilisation d'eau industrielle est préférable en raison de la consommation importante (coût de l'eau potable) mais nécessite des contraintes d'exploitation supplémentaires (nettoyage des filtres, pompes et buses des rampes de lavages).

Au niveau de la zone d'alimentation du tamis, des dépôts peuvent se former et stagner. Ce bac doit être vidangé à fréquence variable suivant les sites. Cette intervention implique un accès aisé et rapide pour l'exploitation (trappe de vidange de surface importante, non collée et boulonnée).

La zone de stockage des refus doit être équipée d'un revêtement pour faciliter la circulation des poubelles ou containers mobiles entre ce local et la zone de circulation (entrée station).

Il est préférable d'utiliser directement des poubelles pour faciliter l'évacuation des refus et éviter les risques de perforation des sacs lors de la manutention. Une zone de collecte des eaux d'égouttures doit être installée à l'endroit de réception du déchet compacté. La taille des poubelles équipées de roulettes est un compromis à trouver entre un volume suffisant afin d'éviter une rotation trop fréquente et un poids correct par container (ne pas dépasser 50 kg pour faciliter leur manutention).

À titre d'exemple, pour une collectivité de 1 000 eH alimentée par un réseau séparatif et équipée d'un tamis de 750 µm, la production moyenne journalière de refus est de l'ordre de 1 à 5 kg de MS de refus compacté brut (volume de 5 l).

SUR L'ENTRETIEN

L'automatisation de cet équipement n'exclut pas un entretien à deux niveaux de fréquence, illustré dans le tableau suivant :

	Périodicité	Points
Entretien courant	Hebdomadaire intégrant au minimum 2 passages dont 1 poussé	Lavage manuel avec « karcher » des parties tamis et zone de compactage en fonctionnement
		Nettoyage de la crépine et du filtre situé sur le réseau de pompage de l'eau industrielle
Entretien exceptionnel	Variable de 3 à 6 mois	Démontage et nettoyage des buses de la rampe de lavage

Tableau 19 – Périodicité de l'entretien des tamis.

L'observation visuelle du tamis en fonctionnement permet à l'exploitant de se rendre compte du niveau de colmatage, de la présence ou non de by-pass, de l'état de l'appareil (tambour, joints, vis) et de l'état et de la pression de la lame raclante.

Dans le manuel livré par les constructeurs, certaines autres interventions de maintenance régulières sont conseillées (graissages, changement de pièces,...). À titre d'information, lors d'un fonctionnement avec des effluents standard d'eaux résiduaires domestiques, les fréquences d'intervention conseillées sont les suivantes (liste non exhaustive) :

Type d'équipements	Équipements concernés	Fréquence de remplacement
Tamis rotatif à alimentation externe	Racleur avant et arrière	De 2 à 4 ans
	Étanchéité latérale	De 2 à 4 ans
Tamis rotatif à alimentation interne	Brosse rotative	De 2 à 3 ans
Tamis statique à alimentation directe	Brosse sur vis	2 ans (voir moins)
Zone de convoyage de déchets	Plaques de revêtement	De 2 à 5 ans

Tableau 20 – Fréquence d'intervention pour la maintenance des tamis.

Les fréquences indiquées peuvent changer dans des proportions importantes dans le cas d'arrivée d'eau chargée en MES minérales (sables, matières de vidanges, vidanges de bassin d'orage...) ou lors d'anomalie de montage (axe de vis).

Pour les tamis rotatifs à alimentation externe, l'état et la pression des lames raclantes sont

primordiaux pour le bon fonctionnement de l'appareil. Leur remplacement anticipé régulier est à programmer.

SUR LES RÉGLAGES : PARTIE AUTOMATISATION

Cette partie n'a pas pour prétention de définir le réglage optimum pour un système donné, les réglages étant spécifiques au système et à chaque site. Cependant, des règles élémentaires doivent être respectées et vérifiées (cf. tableau 21, page 35).

Une sonde de détection de niveau d'eau au sein de la chambre d'alimentation des tamis (détection colmatage) est indispensable compte tenu de l'absence totale de dégrillage, même grossier, au niveau du by-pass amont de l'appareil.

Cette sonde doit permettre la mise en rotation du tambour s'il est à l'arrêt et déclencher un lavage automatique immédiat.

Efficacité équivalente ou non aux pré-traitements classiques

La comparaison entre les pré-traitements classiques et les pré-traitements compacts révèle une quantité de refus nettement inférieure pour les pré-traitements compacts, d'un facteur proche de 4 en volume et de 10 en poids.

Les principales données pour un effluent collecté par réseau séparatif, par an et par habitant, sont représentées dans le tableau ci-après (cf. tableau 22, page 35).

Objet	Recommandations	Objectifs
Fonctionnement du tamis	Mise en route du tamis dès son alimentation (ou par sonde de niveau) avec une temporisation après l'arrêt de l'alimentation de l'ordre de 30 secondes (l'objectif est de 3 tours du tamis sans alimentation).	Aucun refus sur le tamis lors de son arrêt
Fonctionnement du convoyeur	Déclenchement identique au tamis avec une temporisation plus longue après l'arrêt de l'alimentation, (temps nécessaire à convoyer le refus vers la zone de compactage). Le fonctionnement peut être alterné dans le cas où la durée de fonctionnement d'un cycle de filtration est important. Un fonctionnement standard par heure peut également être envisagé.	Évacuer le déchet sans surcharger la vis de convoyage
Lavage du tamis	Déclenchement après chaque fin de cycle de pompage lors de la rotation du tamis. Dans le cas de cycles d'alimentation longs, le lavage peut être déclenché en cours du cycle à une fréquence variable, de l'ordre de 5 minutes. Une sonde de colmatage (lame d'eau plus élevée à l'amont du tamis) peut également déclencher un lavage. En période nocturne, si l'arrêt du tamis est très long (plusieurs heures), un lavage régulier (1 fois/heure) peut être préconisé.	Décolmatage automatique
Lavage du convoyeur/compacteur	Au niveau du compacteur, une grille permet d'évacuer l'eau en excès. Son lavage automatisé pénalise souvent la siccité du déchet obtenu. Un lavage manuel approfondi hebdomadaire est à effectuer. Le lavage automatique peut être programmé 1 à 2 fois par jour et d'une durée très courte (10 à 15 secondes) et hors fonctionnement du convoyeur-compacteur.	Lavage automatique

Tableau 21 – Règles élémentaires pour l'automatisation du fonctionnement du tamis.

	Type de filières		
	Pré-traitement classique		Pré-traitement compact
	Données	Résultats	~ 750 µm
Dégrilleur *	Écartement 3 cm	4 litres/eH. an	Production de refus 0,5 kg de MS/eH. an siccité = 10 % (non compacté) Masse Volumique : 1 Soit 5 litres ou kg de produit brut par an
		0,3 – 0,4 kg MS/eH. an	
Dessableur*		3 – 5 litres/eH. an	
		4 kg MS/eH. an	
Dégraisseur	R.U. = 20 % lipide 1 hab. = 15 g de lipide 10 % en surface [lipide] = 60 g/l	10 litres/eH. an	
		0,6 kg MS/eH. an	
Total	Litre de produit non compacté/hab. an	18	5
	Kg MS/hab. an	5	0,5

* données bibliographiques

Tableau 22 – Quantité de déchets récupérés sur les pré-traitements classiques et compacts.

Pour les pré-traitements classiques, à l'exception des données « dégraisseur », les valeurs annoncées sont issues de données bibliographiques dont les références sont très variables d'un document à l'autre.

Les différences observées sont accentuées par le poste dessableur dont les données bibliographiques intègrent dans des proportions très importantes des volumes le plus souvent composés d'une grande quantité de matière organique (selon les vitesses ascensionnelles, cet ouvrage peut jouer le rôle de décanteur primaire).

Malgré une quantité de refus très faible, les pré-traitements compacts permettent, en réseau séparatif et en l'absence de bypass, une protection efficace de la station. Ils présentent l'avantage de former un déchet unique, compacté et ensaché dont le réel « débouché » est celui des ordures ménagères, donc l'incinération. La quantité de refus collectée, proportionnelle au nombre d'habitants raccordés, détermine le créneau d'application de ce système et une limite à 5 000 eH paraît être une valeur raisonnable.

Approche succincte sur les aspects économiques

L'approche économique qui suit est basée sur des coûts réels obtenus par l'intermédiaire de la maîtrise d'œuvre publique. Ils ne sont qu'indicatifs compte tenu de la très forte variabilité des prix en raison des conditions locales et des stratégies commerciales pour un site donné.

COÛT D'INVESTISSEMENT D'UN PRÉ-TRAITEMENT COMPACT

Les coûts sont ramenés au type de système retenu et à la capacité de la station. Ils comprennent l'équipement et le génie civil (système implanté à l'extérieur) (cf. tableau 23).

L'installation d'un pré-traitement compact hors gel à l'intérieur d'un local occasionne une plus value de l'ordre de 10 000 euros.

Pour les tamis rotatifs, on relève un tarif supérieur pour les systèmes à alimentation interne, de l'ordre de 25 à 50 % selon la capacité de la station. De plus, les prix identiques pour les premières capacités de station s'expliquent par la commercialisation actuelle de deux modèles.

Le tamis statique est environ 30 % moins cher.

COMPARATIF PRÉ-TRAITEMENTS CLASSIQUES – PRÉ-TRAITEMENTS COMPACTS

Lors des projets de station, des constructeurs fournissent parfois une possibilité de variante par remplacement du pré-traitement classique par un système compact ou inversement. L'analyse des offres a révélé des coûts plus élevés pour la filière pré-traitement classique. Ces différences importantes de coûts s'expliquent par le poids du génie civil et des équipements mais aussi sur la conception des ouvrages eux-mêmes (non détaillé dans cette partie). Il est fort probable que la conception des ouvrages de pré-traitement classique est plus élaborée sur des collectivités importantes (5 000 eH) et explique l'augmentation de 75 % du prix.

Capacité de la station	Tamis rotatif à alimentation externe	Tamis rotatif à alimentation interne	Tamis statique à alimentation directe
1 000 eH	20 000 euros	30 000 euros	20 000 euros
1 500 eH	30 000 euros	30 000 euros	20 000 euros
2 000 eH	30 000 euros	30 000 euros	20 000 euros
5 000 eH	40 000 euros	50 000 euros	30 000 euros

Tableau 23 – Coût des pré-traitements compacts (génie civil et équipements).

Capacité de la station	Variante pré-traitement classique à la place d'un tamis rotatif à alimentation externe	
1 000 eH	4 000 euros	+ 20 %
1 500 eH	8 000 euros	+ 27 %
2 000 eH	12 000 euros	+ 40 %
5 000 eH	+ 30 000 euros	+ 75 %

Tableau 24 – Surcoût de la variante « pré-traitement classique ».

On note un investissement moindre pour les systèmes de pré-traitement compact mais leur durée de vie est vraisemblablement plus limitée. L'absence de données sur le renouvellement s'explique par le fait que cette technique est relativement récente dans notre domaine d'application.

BESOINS EN PERSONNEL

Sur ces systèmes, un minimum d'exploitation hebdomadaire doit être retenu. Pour un fonctionnement normal, on peut estimer que le temps passé nécessaire à l'entretien courant est équivalent à un pré-traitement classique. Le temps estimé indispensable est le suivant :

Capacité de la station	Besoins en personnel d'exploitation (en heures par semaine)
1 000 eH	1,5
2 000 eH	2
5 000 eH	2,5

Tableau 25 – Besoins en personnel pour l'exploitation.

En cas de dysfonctionnement, ce temps peut être très rapidement augmenté en raison de la gestion du colmatage et des débordements (nettoyage).

CONSOMMABLE

Les coûts moyens de fonctionnement sont représentés par les quatre postes suivants :

- fourniture de sacs pour les déchets,
- consommation électrique (basée sur le prix de 0,10 euro/kWh),
- consommation d'eau pour le lavage automatique (basée sur le prix de 2 euros/m³),
- élimination des refus (basée sur le traitement identique aux ordures ménagères et estimée à 100 euros/tonne). (cf. tableau 26).

Un dernier poste concerne le renouvellement de certaines pièces d'usure. Ces dépenses interviennent après 2 à 5 ans de fonctionnement et peuvent être estimées à 250 euros/an pour les tamis rotatifs et 150 euros/an pour les tamis statiques.

SYNTHÈSE SUR LES COÛTS

Le choix entre pré-traitements compacts et pré-traitements classiques ne peut s'effectuer sur le plan économique pour les raisons suivantes :

- investissement : le coût d'un pré-traitement compact est moindre mais sa durée de vie est vraisemblablement plus courte ;
- exploitation : deux postes influent fortement sur le montant annuel

Capacité de la station	Recharge de sacs	Coût moyen annuel			Coût total annuel
		Besoins en électricité	Besoins en eau	Élimination des refus	
1 000 eH	50 euros	50 euros	500 euros	200 euros	800 euros
2 000 eH	100 euros	100 euros	1 200 euros	400 euros	1 800 euros
5 000 eH	250 euros	200 euros	* 1	1 000 euros	> à 1 450 euros

* 1 : au-delà de 2 000 eH, le lavage automatique du système ne peut plus être envisagé avec de l'eau potable en raison de son coût élevé par rapport aux autres postes (pour 2 000 eH, l'eau potable représente déjà 70 % du consommable).

Tableau 26 – Coût de fonctionnement des pré-traitements compacts.

- le poste eau potable : la mise en place d'un système d'eau industrielle est préférable mais occasionne des contraintes d'exploitation supplémentaires ;

- la gestion de la collecte (assurée ou non par le service de ramassage des déchets ménagers) et l'élimination des refus.

Pour le pré-traitement compact, les quantités de refus sont 4 fois moindres en volume, mais leur hétérogénéité nécessite une élimination équivalente aux ordures ménagères.

Dans le cas, des pré-traitements classiques, l'obtention d'un déchet unique pour chaque poste de pré-traitement permet leur élimination spécifique selon le produit :

- refus de dégrillage : ordures ménagères ;

- graisses : traitements biologiques aérobies ;
- sables : remblais après lavage des sables.

À ce niveau, l'exploitation des refus collectés par un pré-traitement compact est simplifiée mais leur ramassage et élimination peut s'avérer difficile en raison d'un déchet unique.

Le choix ne se fera donc pas sur le plan économique mais sur l'intérêt du système, c'est-à-dire la compacité, l'aspect visuel et sur le côté pratique avec l'obtention d'un refus unique et ensaché.

Ces points permettent d'apporter un certain confort par rapport aux pré-traitements classiques mais ils sont limités aux faibles tailles de collectivité (< à 5 000 eH par an au maximum).



L'étude des pré-traitements compacts a été engagée par le Cemagref suite à l'important développement de cette technique à la fin des années 90 et à la forte demande d'informations sur le procédé par les principaux intervenants dans le domaine de l'épuration.

Après un point bibliographique dont les informations se sont révélées très succinctes, l'inventaire des sites en fonctionnement a été réalisé, ceux-ci devant répondre aux critères suivants :

➤ installations équipées d'un des différents pré-traitements compacts existants (représentatifs du marché français) en remplacement des pré-traitements traditionnels composés d'un dégrilleur, d'un dessableur et d'un déshuileur-dégraisseur ;

➤ systèmes implantés sur des collectivités traitant des effluents à dominante domestique ou urbaine.

Cette enquête a permis de recenser plus de 400 stations d'épuration équipées des différents systèmes :

- 75 % du parc sont des tamis rotatifs à alimentation externe ;
- 16 % des tamis statiques à alimentation directe ;
- et 6 % des tamis rotatifs à alimentation interne.



À partir de ce recensement, un questionnaire a été élaboré et envoyé à l'ensemble des sites équipés. Son dépouillement et la visite d'une quarantaine de sites a permis de retenir 13 installations en vue d'une étude plus approfondie et de dégager un certain nombre d'informations sur le dimensionnement, la conception et l'exploitation (avantages, contraintes, ...) de ces appareils.

L'implantation de cette technique révèle que 54 % des sites équipés sont des collectivités inférieures à 2000 eH et 16 % des collectivités supérieures à 5000 eH. De plus, la moitié des installations est alimentée par des réseaux séparatifs.

Les études plus approfondies ont nécessité la mise au point d'un protocole de suivi basé principalement sur une mesure courte sur le système (bilan 48 heures) et un suivi plus long sur les refus retenus (de l'ordre de 20 jours).

Les principaux résultats obtenus sur les 13 sites étudiés sont :

- Performances

Les performances globales obtenues en période sèche (assimilé à un réseau séparatif), révèlent un abattement très faible du système :

les rendements moyens en DCO sont de l'ordre de 2 %.

Ces faibles performances obtenues pour des effluents urbains ou domestiques ne permettent pas de considérer ces appareils comme une première étape de traitement mais plus comme une protection de la filière aval.

L'analyse des performances en fonction des différents paramètres étudiés (maille, taille de la collectivité, type de système, ...) n'a pas permis de dégager de relation nette.

Par temps de pluie, les performances augmentent légèrement de l'ordre de 1 %.

● Refus

La production de refus exprimée par habitant réellement raccordé, par an et par temps sec (basé sur 100 g de DCO par habitant) a donné les valeurs moyennes suivantes :

- une production de refus de 0,5 kg de MS/habitant/an ;
- ce qui correspond à une masse de refus de 2,6 kg de refus/habitant/an (siccité moyenne retenue de 20 %).

Lors des épisodes pluvieux, cette production de refus peut fortement augmenter et atteindre un facteur de 20, mesuré sur un des sites.

Les volumes de refus retenus sont déterminants lors du choix de cette technique et sont fonction de la siccité finale du produit. Cette siccité est améliorée par la mise en place d'un compacteur qui permet, à partir d'une siccité de l'ordre de 10 % obtenue sur un système sans compactage, d'atteindre une valeur moyenne de 22 %. Cette dernière valeur peut varier fortement (de 15 à 32 %) et atteindre un taux de siccité de 32 % pour des systèmes dont les lavages automatiques de la zone de compactage ont été supprimés.

La composition d'un refus est fonction de la pluviométrie, donc du type de réseau alimentant la station d'épuration.

● Exploitation de ces systèmes

Malgré un taux de satisfaction élevé des exploitants, cette étude (sélection de sites) et

les différentes enquêtes ont permis de montrer que ces systèmes connaissaient des problèmes relativement fréquents, occasionnant le plus souvent le by-pass partiel ou total de l'équipement.

Les principaux facteurs responsables des importantes anomalies de fonctionnement sont :

- le froid pour 25 % du parc ;
- l'apport de graisses pour 20 % du parc ;
- et les sables pour 13 % du parc.

L'apport de sables est le plus problématique car il occasionne une détérioration importante de l'équipement.

Cette étude a permis, en dehors des performances réelles du système et des données qualitatives et quantitatives du refus collecté, de mieux cerner :

- les limites du système ;
- le créneau d'application le plus approprié ;
- les précautions à prendre pour faciliter l'exploitation et surtout éviter les facteurs occasionnant des dysfonctionnements courants ;
- et le débouché des refus, très hétérogènes et non assimilés à un déchet ultime, qui est identique aux ordures ménagères, donc à terme l'incinération.

Elle n'a par contre pas identifié de relation entre la présence de pré-traitement compact et une qualité des boues moindre (Indice de boue, développement de bactéries filamenteuses, teneur en MVS, ...).

En résumé, l'implantation de ce système est bien adaptée aux petites collectivités (inférieures à 2000 eH, exceptionnellement 5 000 eH) traitant des effluents domestiques et équipées d'un réseau de collecte séparatif. Pour des réseaux unitaires, la mise en place d'un desableur à l'amont s'avère indispensable mais diminue voire annule l'intérêt de ce système dit compact. Pour certaines collectivités domestiques collectant des effluents à forte proportion de graisses (restaurants, activité artisanale), ce

système ne devrait pas être retenu compte tenu de sa forte sensibilité au colmatage. De plus, les quantités de refus collectés, leur ramassage et leur débouché doivent être bien appréciés lors du choix de leur implantation.

Ces équipements nécessitent bien sûr un minimum d'exploitation, dont un nettoyage hebdomadaire poussé obligatoire, et le by-pass indispensable de l'appareil devrait être

équipé d'une grille de protection en cas de dysfonctionnement.

Malgré une efficacité non équivalente aux pré-traitements classiques (rendement plus faible et pas de séparation liquide/liquide — déshuilage), les filières équipées de ces systèmes dont le fonctionnement est correct ne présentent pas d'anomalie particulière liée à un pré-traitement moindre.



LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Méthodologie

Annexe 2 – Inventaire des techniques de pré-traitement compact existantes

Annexe 3 – Caractéristiques des installations étudiées

Annexe 4 – Paramètres influençant l'efficacité des tamis

Annexe 1 – Méthodologie

● MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée en trois étapes : une première phase de recensement auprès des constructeurs de stations et des SATESE, une seconde phase de mesure et de suivi de pré-traitements compacts et une troisième phase d'enquête auprès des exploitants de stations.

Recensement des pré-traitements compacts

Un premier travail de recensement des techniques existantes en matière de pré-traitement compact a été réalisé auprès des constructeurs de stations. Il a permis de connaître les systèmes de pré-traitements compacts couramment installés sur les stations de traitement des eaux usées domestiques et urbaines.

Ce recensement a été complété par une enquête auprès des constructeurs et des SATESE, visant à recenser les installations équipées d'un tel pré-traitement en France. Les résultats de cette enquête ont permis de disposer d'un certain nombre d'informations sur la localisation de ces pré-traitements et les caractéristiques des stations sur lesquelles ils sont installés.

Mesures sur sites

Des mesures sur site ont été réalisées afin de disposer d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur le fonctionnement et l'efficacité des tamis. Le choix des sites a été réalisé en fonction de différents critères comme :

- type de système (type de tamis, maille, ...) ;
- caractéristiques de la collectivité (type de réseau et d'effluent, nombre de postes de relèvement, ...) ;
- adaptation du site aux mesures (faisabilité et représentativité des mesures, ...) ;
- complémentarité et représentativité des sites.

Lors des campagnes de mesures d'une durée de 2 fois 24 heures pour chaque site, de nombreux paramètres ont été mesurés (temps de fonctionnement, débits, puissances, consommations en eau et électricité, ...) et des données collectées (caractéristiques de la station et du tamis, réglages de la station, mode de fonctionnement du tamis, ...). Des prélèvements ont aussi été réalisés en entrée et sortie de tamis ainsi que sur les refus de tamisage afin d'être analysés.

Ces analyses ont été effectuées par le laboratoire du Cemagref de Lyon (laboratoire certifié ISO 9001).

Les paramètres analysés sur les échantillons d'eau sont la DCO, les MES, les MVS, les SEC de manière systématique et aussi la DBO5, N, P de manière ponctuelle (une fois sur deux). Les paramètres analysés sur les échantillons de refus sont la DCO, les MS, les MM, les SEC et les sables, ceci de manière systématique.

Compte tenu du faible rendement des systèmes étudiés (compris généralement entre 1 et 5 %) et de la précision de la mesure de charge polluante entre l'entrée et la sortie du tamis (imprécisions liées aux analyses et aux conditions de prélèvement sur site), les rendements annoncés correspondent à l'abattement théorique de pollution obtenu à partir de la composition des refus et des mesures en sortie de tamis. La charge en entrée de tamis a été reconstituée (entrée = sortie + refus).

Enquête auprès des exploitants

Une enquête a été réalisée auprès de tous les exploitants de tamis recensés (liste issue de la précédente étude), avec pour objectif de disposer d'informations sur :

- les installations existantes (station et tamis) ;
- l'exploitation du tamis (entretien réalisé, fréquence,...) ;
- l'avis de l'exploitant du tamis.

Le taux de retour est assez important pour ce type d'enquête et avoisine les 40 % (310 questionnaires et près de 130 retournés).

• MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE

Méthodes généralement utilisées

La plupart des méthodes utilisées ont pour origine des normes préétablies. Les méthodes dites sans norme proviennent de différents manuels traitant de l'analyse des eaux. Quant aux sables, leur mode opératoire fait l'objet d'une démarche empirique réalisée au laboratoire de chimie du Cemagref de Lyon. En ce qui concerne les refus, même si la méthode est normalisée, cet échantillon nécessite une préparation plus ou moins importante avant d'être soumis à l'analyse.

Dans le tableau suivant, l'ensemble des méthodes utilisées est présenté.

Paramètres	Signification	Substrat	Normes
DCO	Demande chimique en oxygène	Eaux et refus de tamisage	NT T90-101
DBO5	Demande biochimique en oxygène	Eaux	NF T 90-103
MES	Matières en suspension	Eaux	NF EN 872
MVS	Matières volatiles en suspension	Eaux	Sans norme
Nk	Azote Kjeldahl	Eaux	NF EN 25663
NH ₄ ⁺ (N)	Azote ammoniacal	Eaux	NF T 90-015
Pt	Phosphore total	Eaux	NF EN 1189
PO ₄ ³⁻ (P)	Orthophosphates	Eaux	NF EN 1189
MS	Matières sèches	Refus de tamisage	Sans norme
MV	Matières volatiles	Refus de tamisage	Sans norme
SEC	Substances extractibles au chloroforme	Eaux et refus de tamisage	Sans norme
Sables	Sables	Refus de tamisage	Sans norme

Tableau 27 – Méthodes analytiques utilisées.

Eaux résiduaires

Pour toutes les analyses concernant les eaux, mis à part une homogénéisation au moment du prélèvement et au minimum des mesures faites en double, ces échantillons ne font pas l'objet d'une préparation particulière. Dans la perspective de doser les graisses au moyen des SEC, la prise d'essai de l'échantillon est acidifiée au moyen de 0,5 % V/V d'acide sulfurique à 50 % V/V et conservée au réfrigérateur. De cette manière, le dosage des graisses peut être différé d'une semaine au moins. La prise d'essai est de 500 ml au minimum.

Refus de tamisage

Étant donné le caractère particulièrement hétérogène de ce produit, sa caractérisation chimique s'avère particulièrement délicate et nécessite le plus souvent une préparation visant à le rendre plus homogène.

MS/MV

Pour la détermination des matières sèches (MS) un mélange manuel à l'aide d'une grosse spatule suffit. Les MS destinées à être pyrolysées en vue de mesurer leur taux de matière organique par leur matière volatile à 550 °C (MV), sont séchées à 105 °C durant 24 heures environ. Les MS destinées au dosage des graisses sont obtenues par séchage des refus brut à 60 °C durant 24 heures environ.

En général, les matières sèches (MS) effectuées à 105 °C diffèrent peu de celles obtenues à 60 °C. Les MS issues du séchage à 60 °C durant environ 24 heures sont en général supérieures de 1 à 2 % de celles faites dans les règles de l'art. Les MS qui sont effectuées dans les deux cas en triplicata, sont soumises à une variabilité à peu près identique de 6 % (coefficient de variation CV %). Pour les MV % uniquement issues de la MS obtenue à 105 °C, faites aussi en triplicata on observe une très bonne reproductibilité dans ce résultat (CV : 1 %). Les prises d'essai d'environ 30 g utilisées pour ces déterminations intègrent bien l'hétérogénéité de ces échantillons. C'est pourquoi les CV observés sur les triplicatas ne sont pas trop excessifs.

Dosage des graisses sur le refus de tamisage

Cette opération consiste à extraire les graisses des MS 60 °C connues par contact de chloroforme dans la coupelle contenant ces MS, en quatre fois. Les extraits de chloroforme filtrés sur laine de verre et sulfate anhydre de sodium sont recueillis dans un ballon de 250 ml à fond plat, rodé et taré. Au moyen d'un évaporateur rotatif le chloroforme est évaporé. Après séchage à 60 °C, durant une heure, du résidu graisseux, ce dernier rapporté au kg de poids humide et de poids sec est quantifié par pesée. Cette détermination est effectuée en triplicata sur trois prises d'essais différentes.

Détermination de la DCO

L'innovation faite réside dans la préparation de l'échantillon.

Suites à différents essais visant à broyer l'échantillon en milieu aqueux pour obtenir une suspension homogène compatible avec la détermination de la DCO, nous nous sommes très vite aperçus que ce protocole était insuffisant. Ainsi, les graisses s'accumulent au hasard du récipient formant des boules plus ou moins grosses et les filasses, partie très importante de l'échantillon, ne sont qu'en partie réduites en dimension.

Si on combine la saponification d'une prise d'essai d'un refus de broyage on obtient une suspension beaucoup plus homogène dans laquelle les graisses sont dissoutes à l'état de sels d'acides gras (savons) et les filasses de cellulose en grande partie solubilisées (hydrocellulose). Le milieu est alors, par son caractère hydrophile, tout à fait compatible avec le traitement que nécessite la DCO. Voici le mode opératoire utilisé :

Dans un bêcher en verre contenant environ 5 g de refus pesé avec précision :

- introduire environ 40 ml d'eau et 10 ml de soude à 35 %
- soumettre à l'agitation durant environ 15 min. à température ambiante puis durant le même temps aux alentours de 50 °C.
- laisser refroidir tout en maintenant l'agitation.
- transvaser le contenu du bêcher dans une éprouvette de verre de 250 ml et le soumettre au broyage au moyen du broyeur à vitesse lente durant une minute et à 5 % de la possibilité de l'appareil durant une minute.
- rincer la tige du broyeur et transvaser le broyat obtenu dans une fiole jaugée de 1 litre.
- ajuster avec de l'eau au volume de la fiole et homogénéiser.
- effectuer la DCO de cette préparation diluée au 1/5.

Pour toute dilution et prélèvement de la prise d'essai il convient d'utiliser des fioles jaugées.

$$\text{DCO mg/Kg MB} = \text{DCO} * 5 * 1\,000 / \text{Pe}$$

$$\text{DCO mg/Kg MS} = 100 \text{ DCO mg/Kg MB} / \% \text{MS}$$

Pe : prise d'essai en g de MB ; MB : matière brute (échantillon en l'état) ; MS : matière sèche.

Pour un même échantillon les broyats ont été réalisés en double et cela pour les deux types de broyage. Sur chaque préparation les DCO ont été effectuées en triple. Les échantillons préparés à partir d'une alcalinisation et d'un broyage ont des DCO beaucoup plus satisfaisantes que celles issues d'un broyage simple. Elles répondent aux trois critères suivants :

- pour un même échantillon les deux préparations ont des DCO relativement voisines ;
- pour une même préparation les résultats obtenus sont relativement constants (CV % : 2,2) ;
- les valeurs plus élevées montrent que la prise en compte de l'échantillon par ce paramètre est meilleure.

En effet, l'alcalinisation par une base forte comme la soude permet de saponifier les substances hydrophobes, ce qui leur confère un caractère hydrophile et les rend plus aptes à être oxydées dans les conditions de la DCO. On obtient, lors de la préparation, principalement des sels d'acide gras (savons) et du glycérol. Ces deux substances plus petites que celles d'origine (triglycérides constituant principalement les lipides) sont des composés organiques relativement bien solubles dans l'eau. La cellulose, constituant très important de ces refus de tamisage, est réduite en hydrocellulose qui se prête bien au broyage.

Un étalonnage de la DCO au moyen d'acide oléique soumis à l'alcalinisation nous montre une bonne corrélation entre la concentration des points testés et la DCO déterminée. ($R = 0,999$) avec pour relation : $C(\text{Ac Oléique}) = 0,3763 \cdot \text{DCO} - 4,34$

Interprétation et répartition des différences classes de substances

En simplifiant, on peut considérer qu'un échantillon de refus de tamisage se compose de trois constituants principaux mis à part l'eau. À savoir les graisses, la matière cellulosique et les sables. La matière cellulosique se déduit de la matière sèche en soustrayant les sables et les graisses qui eux sont déterminés directement. Par estimation de la DCO apportée par chacun de ces constituants on peut mettre en évidence que la DCO totale estimée de l'échantillon représente environ 80 % de la DCO totale déterminée. Cette valeur par défaut a pour origine une sous-estimation des rapports DCO/matière. En effet, nous avons pris comme valeur de ce rapport 2,3 pour les graisses et 1,1 pour la matière cellulosique. Pour les lipides le rapport 2,3 a été obtenu empiriquement à partir de DCO faites sur des morceaux de graisses et pour la cellulose le rapport 1,1 est théorique. Or en milieu alcalin on compte plutôt 2,8 pour les lipides, ce qui augmente d'une façon non négligeable la DCO. Quant à la matière cellulosique, contenant sans doute beaucoup de composés étrangers à forte contribution de la DCO, le rapport 1,1 qui est aussi sous-estimé devrait s'approcher de 1,3. Dans ces conditions la DCO estimée est de 95 % de la DCO déterminée par dosage. Notons toutefois que théoriquement le sable n'apporte pas de DCO.

Détermination de la teneur en sables

Cette détermination est basée sur la différence de densité entre les sables qui sont des produits minéraux relativement lourds et le reste de l'échantillon constitué par de la matière organique beaucoup plus légère. En broyant une quantité connue de l'échantillon brut dans de l'eau et en laissant reposer un certain temps, la matière sablonneuse se retrouve au fond du récipient. Il suffit alors par transvasement de récupérer les sables pour les quantifier par pesée. Si on répète plusieurs fois cette suite d'opérations, tout le sable est isolé dans sa globalité.

Ce protocole semble préférable à celui testé précédemment car beaucoup plus rapide. En effet on proposait une pyrolyse des matières sèches et une reprise à l'acide chlorhydrique des cendres. De cette façon le sable siliceux insoluble devait être séparé de l'ensemble par filtration. Le sable calcaire dissous dans l'acide était alors déterminé à partir d'un dosage de calcium dans le filtrat.

Voici le mode opératoire envisagé :

- dans un bûcher en verre taré peser avec précision environ 15 g de refus de tamisage en l'état soit Pe.
 - transvaser cette prise d'essai Pe dans un bûcher de 500 ml.
 - ajouter 400 ml d'eau déminéralisée.
 - mixer durant environ une minute le mélange.

- laisser reposer deux minutes.
 - transvaser la surverse dans un autre bêcher.
 - les sables restants sont recueillis dans le bêcher taré ayant contenu la prise d'essai.
- recommencer cette opération jusqu'à ce qu'il ne reste plus de sable, en ayant soin de recueillir chaque fraction sablonneuse.
- rincer à l'eau déminéralisée le sable obtenu et éliminer cette eau de rinçage.
 - placer ce bêcher dans une étuve à 105 °C environ pour sécher le sable.
 - laisser refroidir au dessiccateur et peser le becher.
 - le poids du sable P étant égal à la différence de poids entre le bêcher plein et vide, la teneur en sable dans l'échantillon sera :
- % Sable dans l'échantillon brut = $100 P/P_e$;
 - % Sable dans l'échantillon sec = $10000 P/P_e \cdot MS \%$;
- MS % étant le % de matière sèche dans l'échantillon d'origine.

Annexe 2 – Inventaire des techniques de pré-traitement compact existantes

● PRÉSENTATION DES PRÉ-TRAITEMENTS COMPACTS

Les différentes techniques

On peut distinguer à l'heure actuelle cinq techniques de pré-traitements compacts assez différentes mais basées sur le même principe, celui du tamisage.

Les équipements proposés sont les suivants :

- le tamis rotatif à alimentation externe ;
- le tamis rotatif à alimentation interne ;
- le tamis statique à alimentation directe ;
- le tamis statique à alimentation tangentielle ;
- le pré-traitement compact combiné.

Les différentes mailles

Il existe deux types de mailles couramment employées pour le tamisage, il s'agit de la maille Johnson (en général avec un espacement allant de 600 μm à 1 mm) et la maille ronde (perforation de 1,5 mm).

- La maille Johnson

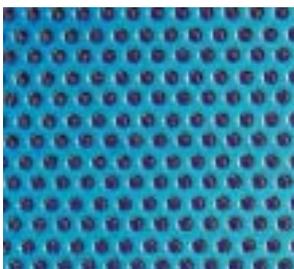
La maille Johnson est très utilisée pour le tamisage. Sur les tamis rotatifs, elle est formée par un fil de forme trapézoïdale enroulé autour du tambour avec un espacement entre les fils de la maille souhaité (en général 600, 750 ou 1 000 μm).



La figure 13 ci-contre montre une coupe d'un tamis à alimentation interne constitué de mailles Johnson. Cette maille, de par sa conception, présente l'intérêt de réduire le colmatage car une particule qui traverse la maille ne peut théoriquement pas rester coincée (du fait de l'élargissement progressif de cette maille).

- La maille ronde

La maille ronde (figure 14 ci-dessous) est très utilisée pour des tamis de maille supérieure à 1 mm. Elle présente l'avantage d'une bonne tenue (notamment en présence de sable).

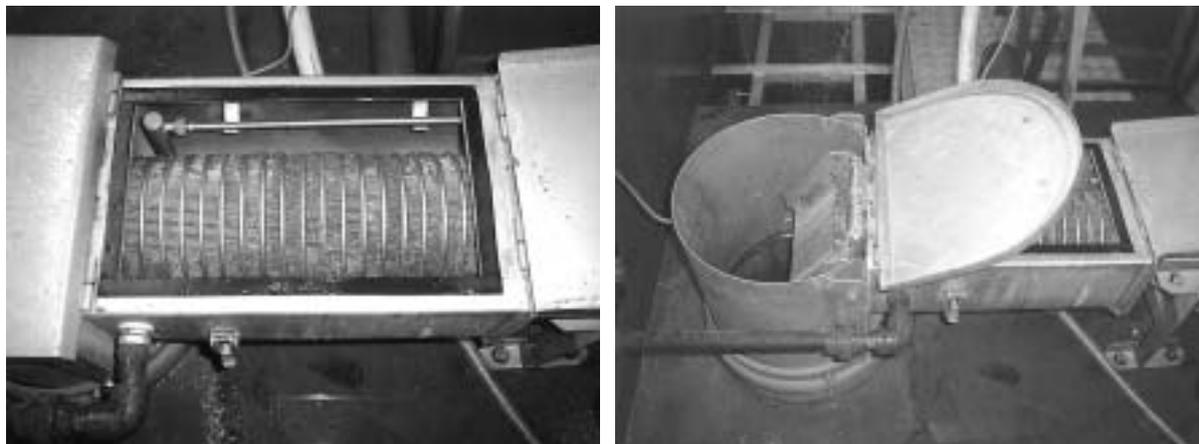


En fonction de la vitesse de rotation du tambour et de l'angle d'arrivée des effluents, certains constructeurs annoncent un pouvoir de coupure (théorique) égal à la moitié de la maille (c'est-à-dire pour une maille de 1,5 mm, un pouvoir de coupure de 750 μm).

Le compactage

Le compactage (photos 10 et 11) permet un gain de volume et de siccité des refus. Ce gain en volume et en siccité est de l'ordre de 2 à 3. Il offre ainsi l'avantage d'avoir un déchet plus sec, plus facilement manipulable et plus acceptable par la suite dans la filière de collecte des refus.

Il se compose d'une grille (maille courante de 1 mm) et d'un clapet. La vis de convoyage des refus pousse les déchets humides dans le compacteur. Le clapet en bout de compacteur empêche l'avancée des refus qui se trouvent pressés à l'intérieur de la grille, libérant ainsi une partie de leur eau. Les refus compactés sont poussés au fur et à mesure par les nouveaux déchets arrivant et tombent par la trappe de sortie du compacteur.



Photos 10 et 11 – Vues d'un compacteur.

50

Le compactage est un élément indispensable des pré-traitements compacts car il facilite leur exploitation.

L'ensachage

L'ensachage (photo 12), toujours précédé d'un compacteur, permet une gestion des refus plus aisée et hygiénique. Il permet la mise en sacs des refus, évitant ainsi les odeurs et toute manipulation directe des refus. Un rouleau de sacs (environ 70 m) permet une autonomie de l'ordre de un an pour une collectivité 1 000 à 2000 eH.

Tout comme le compacteur, c'est un élément indispensable qui simplifie et améliore la gestion des refus de tamisage.

● LE TAMIS ROTATIF À ALIMENTATION EXTERNE

Les tamis rotatifs à alimentation externe représentent actuellement 75 % des pré-traitements compacts recensés. Le tableau 28 et la figure 15 ci-après présentent les parts respectives de chaque constructeur.

Constructeur tamis externe	Nombre de tamis recensés	Part de marché
Andritz	59	27 %
Degrémont	105	47 %
Serinol	16	7 %
Wagner	37	17 %
Autres constructeurs	5	2 %
total	222	100 %

Tableau 28



Photo 12 – Ensachage

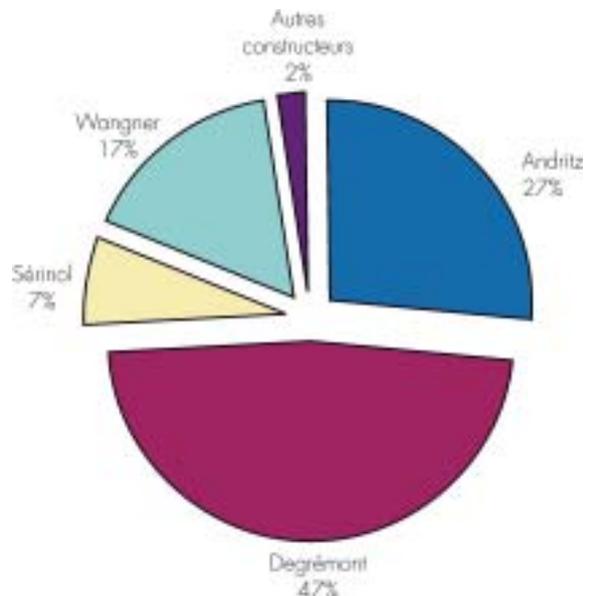


Figure 15

Les tamis Degrémont (installés sur les stations Degrémont et France Assainissement) sont présents sur près de 50 % des installations recensées. Wangner installe ses tamis sur ses propres installations alors que Andritz les commercialise chez les autres constructeurs. Les principaux équipements commercialisés ainsi que leurs caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous.

Constructeur	Nom du produit	Maille du tamis (courante en μm)	Gamme de débit (en m^3/h)*	Remarques
Andritz	Girasieve	750	110 à 1 000	
Degrémont	Prépazur	600	35 à 180	Installé essentiellement par Degrémont et FA
Sérinol	Sertam	750	47 à 690	
Wangner	Aquanet 3D	750	?	Installé essentiellement par Wangner Epuraton
EMO	Tamis rotatif	750	130 à 480	

* débit maximum pour un effluent dont la concentration en MES est inférieure à 200 mg/l.

Tableau 29

Actuellement cinq constructeurs se partagent 98 % du marché mais il en existe bon nombre d'autres qui proposent le même type d'équipement.

● LE TAMIS ROTATIF À ALIMENTATION INTERNE

Les tamis rotatifs à alimentation interne représentent actuellement 6 % des pré-traitements compacts recensés. Les principaux équipements commercialisés ainsi que leurs caractéristiques figurent dans le tableau 30 ci-dessous.

Constructeur	Nom du produit	Maille du tamis (courante en μm)	Gamme de débit (en m^3/h)*
Roto-Sieve	Roto-Sieve	1,5	100 à 1 000
Huber	Rotamat RO2	?	50 à 2000

* débit maximum pour un effluent dont la concentration en MES est inférieure à 200 mg/l.

Tableau 30

On ne compte actuellement que deux constructeurs présents sur le marché des pré-traitements compacts. Roto-sieve compte quelques dizaines d'installations en France en remplacement des pré-traitements traditionnels alors que Huber n'en compte que quelques-unes.

Les deux illustrations suivantes présentent deux types de tamis rotatifs à alimentation interne : celui de Huber (fig. 16) et celui de Roto-sieve (photo 13).

● LE TAMIS STATIQUE À ALIMENTATION DIRECTE

Les tamis statiques à alimentation directe représentent actuellement 16 % des pré-traitements compacts recensés. Le tableau et le graphe ci-dessous présentent les parts respectives de chaque constructeur.

Constructeur tamis externe	Nombre de tamis recensés	Part de marché
Andritz	20	43 %
WAM	11	23 %
Noggerath	15	32 %
Autres constructeurs	1	2 %
Total	47	-

Tableau 31

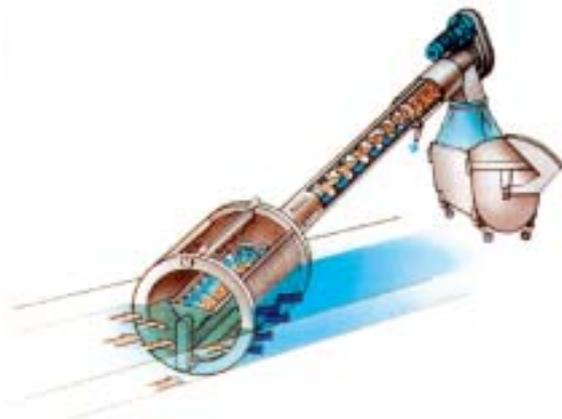


Figure 16 – Tamis rotatif Huber.



Photo 13 – Tamis rotatif Roto-sieve.

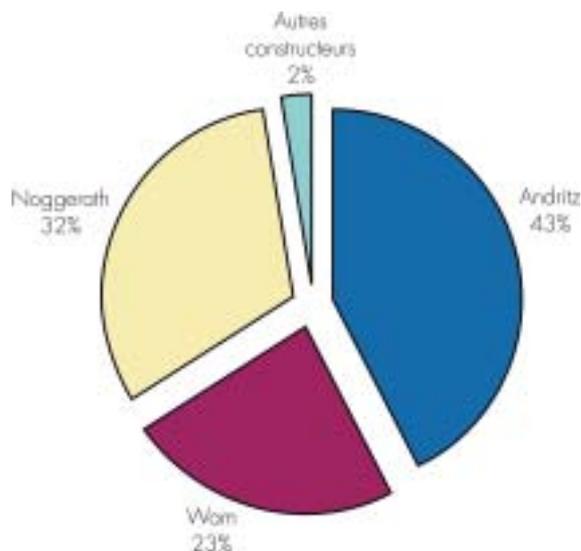


Figure 17

Les principaux équipements commercialisés ainsi que leurs caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous.

Constructeur	Nom du produit	Maille du produit (courante en mm)	Gamme de débit (en m ³ /h)*
Andritz	Aquaspir	0,75 ou 1,00	20 à 250
WAM	GCP	1	80 à 300
Huber	Rotamat R09	?	15 à 450
Noggerath	NSI	1	20 à 300

* débit maximum pour un effluent dont la concentration en MES est inférieure à 200 mg/l

Tableau 32

Trois fabricants se partagent actuellement le marché des tamis statiques à alimentation directe. Ce système de tamisage se rapproche beaucoup d'un dégrilleur traditionnel avec comme seule différence, une maille plus fine. En général, ces équipements sont proposés avec différentes mailles, pouvant ainsi assurer une fonction de dégrillage fin ou grossier (maille de 3 à 20 mm) et de tamisage (maille de 0.5 à 1 mm).

● LE TAMIS STATIQUE À ALIMENTATION TANGENTIELLE

Les tamis statiques à alimentation tangentielle représentent actuellement moins de 2 % des pré-traitements compacts recensés. Les principaux équipements commercialisés ainsi que leurs caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous :

Constructeur	Nom du produit	Maille du produit (courante en mm)	Gamme de débit (en m ³ /h)*
Andritz	Hydrasieve	0,25 à 1,5	20 à 160
Noggerath	HS	0,25 à 2,5	100 à 600

* pour un effluent dont la concentration en MES est inférieure à 200 mg/l

Tableau 33

On ne compte actuellement que deux constructeurs présents sur le marché des tamis statiques à alimentation tangentielle mais le nombre d'installations se limite à moins d'une dizaine en France.

Les deux illustrations suivantes présentent ce type de tamis : une coupe schématique d'un tamis (figure 18) et le principe de fonctionnement de celui-ci (figure 19).

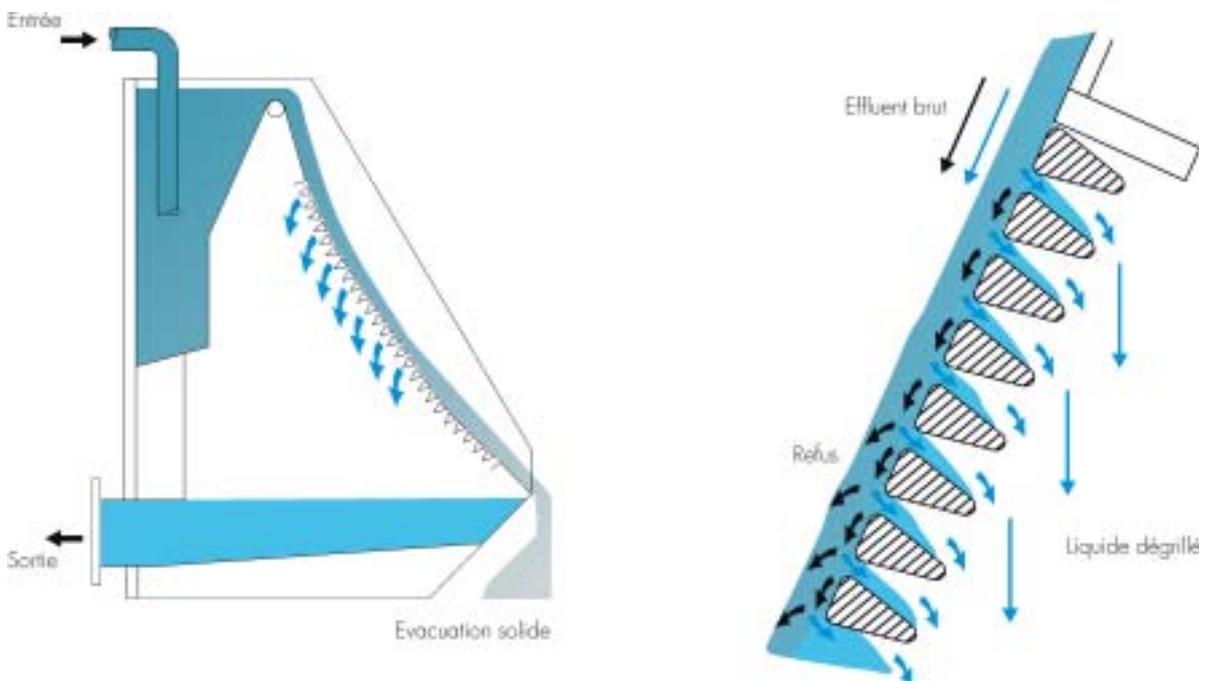
● LES PRÉ-TRAITEMENTS COMPACKTS COMBINÉS

Les pré-traitements compacts combinés ne sont pas utilisés en France pour le pré-traitement des eaux usées urbaines. Il sont essentiellement utilisés dans l'industrie et pourraient connaître ces prochaines années un développement plus important (notamment pour la réhabilitation). Trois fabricants proposent ce type de pré-traitements dont les caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous.

Constructeur	Nom du produit	Gamme de débit (en m ³ /h)*	Remarques
Huber	Rotamat R05	36 à 576	Tamis + compacteur Dessableur aéré + classificateur Dégriaisseur aéré
WAM	TSF – 3	36 à 720	Dégrilleur + compacteur Dessableur aéré Dégriaisseur aéré
Noggerath	NSI – Combi	36 à 540	Tamis + compacteur Dessableur aéré + classificateur Dégriaisseur aéré

* débit maximum pour un effluent dont la concentration en MES est inférieure à 200 mg/l

Tableau 34



Figures 18 et 19

Le plus souvent, ces pré-traitements se composent d'un tamis (ou dégrillage fin) ainsi que d'un bassin de dégraissage et de dessablage. Cet équipement présente les avantages suivants :

- compacité (tout en un)
- facilité d'installation (système hors-sol)
- séparation des refus

Cependant, le coût de ce système est sensiblement le même que celui du pré-traitement traditionnel et sa durée de vie sans doute moindre. Ainsi, il ne présente que peu d'intérêt pour le pré-traitement des eaux usées urbaines.

Annexe 3 – Caractéristiques des installations étudiées

Les trois systèmes prépondérants ont été étudiés en raison de leur représentation sur le plan national. Le choix des sites a été réalisé afin de respecter cette représentativité, tant au niveau des systèmes étudiés que des caractéristiques des installations (capacité de la station et type de réseau).

Les mesures réalisées sur les treize sites ont consisté en un suivi de la qualité de l'eau en entrée et sortie du tamis sur 24 ou 48 heures ainsi que du fonctionnement de ce système. Un suivi de refus a aussi été réalisé sur une période plus longue (10 à 20 jours). Les différents systèmes étudiés figurent dans les deux tableaux ci-après.

	Maille (mm)	Nombre de sites étudiés	Nombre de jours	Part de chaque technique étudiée	Taux d'implantation France (résultats de l'enquête)
Tamis rotatif à alimentation externe	0,600	4	7	70 %	75 %
	0,750	5	10		
Tamis rotatif à alimentation interne	1.5	2	4	15 %	6 %
Tamis statique à alimentation directe*	1	2	4	15 %	16 %
Total		13	25	100 %	97 %

* les tamis statiques à alimentation tangentielle représentent environ 3 % des installations recensées

Tableau 35 – Systèmes de tamisage étudiés

Les treize installations étudiées sont les suivantes :

Sites	Type de pré-traitement
Beaurepaire (38)	Tamis rotatif à alimentation interne
Chatillon d'azergue (69)	Tamis rotatif à alimentation externe
Crémieu (38)	Tamis rotatif à alimentation externe
Dommartin (69)	Tamis rotatif à alimentation externe
Montcet-Buellas (01)	Tamis rotatif à alimentation externe
Payzac (24)	Tamis statique à alimentation directe
Kochersberg (67)	Tamis rotatif à alimentation externe
Ravel (63)	Tamis rotatif à alimentation interne
Saint Alban-du-Rhône (38)	Tamis rotatif à alimentation externe
Saint Cyr-sur-Menthon (01)	Tamis rotatif à alimentation externe
Saint Trivier-sur-Moignan (01)	Tamis rotatif à alimentation externe
Tramoyes (01)	Tamis rotatif à alimentation externe
Podensac (33)	Tamis statique à alimentation directe

Tableau 36 – Sites étudiés

Les sites étudiés sont d'une capacité nominale très variable, allant de 1 000 eH à 16 000 eH mais représentent bien l'hétérogénéité des installations existantes (tableau 37).

Capacité de la station	Nombre d'installations étudiées	Part de chaque capacité	Capacité des stations en France (résultats de l'enquête)
< 2000 eH	5	38 %	55 %
De 2000 à 5000 eH	3	23 %	24 %
> 5000 eH	5	38 %	21 %

Tableau 37 – Caractéristiques des stations étudiées

Le type de réseau est aussi très variable, allant d'un réseau complètement séparatif ou unitaire, en passant par des réseaux mixtes (ou pseudo-séparatifs) comme le montre le tableau suivant.

Type de réseau	Nombre d'installations étudiées	Part de chaque type de réseau	Type de réseau en France (résultats de l'enquête)
Séparatif	4	31 %	51 %
Unitaire	2	15 %	25 %
Pseudo séparatif	7	54 %	24 %

Tableau 38 – Caractéristiques des réseaux étudiés

Les effluents étudiés ont des caractéristiques variables (tableau 39) mais restent en cohérence avec les valeurs habituelles pour des effluents domestiques et urbains.

Concentrations (mg/l)	Minimum	Moyenne	Maximum
DCO	286	581	1 402
MES	160	264	514
Lipides	32	87	236

Tableau 39 – Caractéristiques des effluents étudiés

On constate (tableau 40) que les effluents, issus de réseaux séparatifs, se rapprochent assez bien des concentrations habituellement constatées sur des effluents types normalement concentrés et qu'ils sont légèrement plus concentrés que les effluents issus de réseau unitaire ou pseudo-séparatif (effet de la dilution).

Concentrations moyennes (mg/l)	Réseaux séparatifs (6 mesures)	Réseaux unitaires ou pseudo (13 mesures)	Réseaux unitaires ou pseudo en temps de pluie (6 mesures)	Effluent type normalement concentré
DCO	738	556	476	700
MES	288	242	287	250
Lipides	114	80	75	80

Tableau 40 – Caractéristiques des effluents par type de réseau

Annexe 4 – Paramètres influençant l'efficacité des tamis

Compte tenu des faibles rendements, nous allons travailler sur les quantités de refus collectées et ramenées à une siccité moyenne de 20 % (pour faciliter la comparaison), par eH et par an. Ici, la notion d'équivalent habitant n'est pas administrative mais sur la base de 1 eH = 100 g de DCO collectés par jour.

EFFET DU TYPE DE SYSTÈME

Les résultats des mesures réalisées sur chacun des trois procédés figurent dans le tableau 41. Ces résultats sont issus de campagnes de mesures par temps sec.

Type de pré-traitement	Nombre d'installations	Nbre de jours de mesures	Rendement			Refus sur 24 h kg MS/eH/an	Refus sur 15 j kg MS/eH/an
			DCO	MES	lipides		
Tamis rotatif alimentation externe	8	13	1,9 %	2,6 %	1,5 %	0,44	0,41
Tamis rotatif alimentation interne	2	3	1,4 %	2,0 %	1,1 %	0,31	0,37
Tamis statique alimentation directe	2	3	6,7 %	11,8 %	4,4 %	1,48	1,34

58

Tableau 41 – Rendements moyens obtenus pour les trois systèmes testés

Les valeurs importantes des rendements obtenus sur le tamis statique à alimentation directe sont liées au type de réseau (voir partie suivante) et non au système en lui-même.

Cependant, même si les systèmes sont différents, les rendements obtenus sur l'ensemble de ces systèmes (sauf Payzac) sont relativement faibles et semblables (de 1 à 3 % sur les MES).

EFFET DU RÉSEAU

Le tableau suivant présente les résultats obtenus sur les sites de Payzac et de Montcet-Buellas, tous deux raccordés à un réseau séparatif.

Site	Longueur du réseau	Nombre de postes de relèvement	Rendement			Masse de refus kg MS/eH/an
			DCO	MES	lipides	
Payzac	5	0	8,5 %	15,3 %	5,2 %	2,0
Montcet-Buellas	12	2	2,5 %	3,5 %	2,4 %	0,6

Tableau 42 – Effet du réseau sur l'efficacité des pré-traitements compacts

La comparaison de ces deux sites permet de conclure immédiatement quant à l'effet du réseau sur le rendement des pré-traitements compacts. L'effluent de Payzac ne subit aucun relèvement et est transporté par un réseau gravitaire, relativement court et pentu vers la station d'épuration. Cet effluent est très peu modifié par les conditions de transport dans le réseau et arrive brut en entrée de station. On peut d'ailleurs observer à l'œil nu ce phénomène, par une simple observation de l'effluent (matières brutes).

Les rendements obtenus sur cette installation sont voisins sur les deux jours de mesures et proches de 15 % pour les MES c'est-à-dire près de trois fois supérieurs aux autres installations ayant fait l'objet de mesures et dont le

réseau ne présente pas ces particularités. En effet, dans un réseau long (plusieurs km) et composé de plusieurs postes de relèvement, l'effluent subit une dégradation au cours de son transport (dilacération) expliquant ainsi l'efficacité réduite du pré-traitement. Ce paramètre (réseau court et sans relevage) semble être le principal facteur responsable de l'efficacité des systèmes.

EFFET DE LA MAILLE

Différentes mailles de tamis ont pu faire l'objet de mesures. Ces mailles vont de 0,600 à 1,5 mm. Les résultats obtenus pour chacune de ces mailles figurent dans le tableau 43 et la figure 20.

Maille (mm)	Nombre d'installations	Nbre de jours de mesures	Rendement			Siccité du refus	Refus sur 24 h kg MS/eH/an	Refus sur 15 j kg MS/eH/an
			DCO	MES	lipides			
0,600	3	6	1,8	2,2	1,6	19	0,44	0,32
0,750	5	7	2,1	3,0	1,8	22	0,48	0,48
1,000 **	2	3	6,7	11,8	4,4	19	1,48	1,34
1,500 *	2	3	1,4	2,0	1,1	23	0,31	0,37

Tableau 43 – Rendements obtenus en fonction de la maille

* maille ronde (perforations)

** dont Payzac (cf. Effet du réseau)

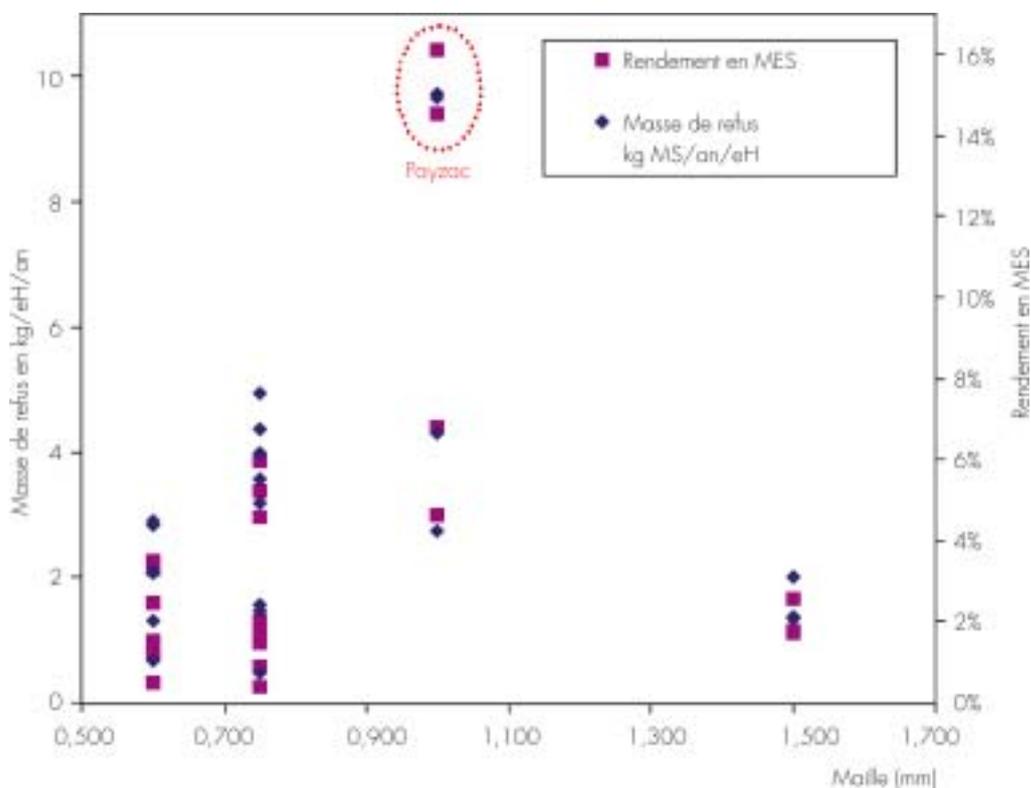


Figure 20 – Répartition de la quantité de refus et du rendement en MES en fonction de la maille

On observe à partir des résultats obtenus sur une longue période, peu de différences de rendement entre les mailles 600 et 750 µm. On retiendra une valeur moyenne de l'ordre de 0,40 kg de MS/eH/an. La quantité de refus obtenue sur un dégrilleur traditionnel (maille de 20 mm) varie quant à elle de 0,05 à 0,10 kg de MS/eH/an (donnée issue de la bibliographie).

La figure 21 résume la relation entre la maille et la quantité de refus collectée par le tamis. Cette figure est obtenue à partir du suivi des refus réalisé sur des installations dont la maille est supérieure à 600 µm.

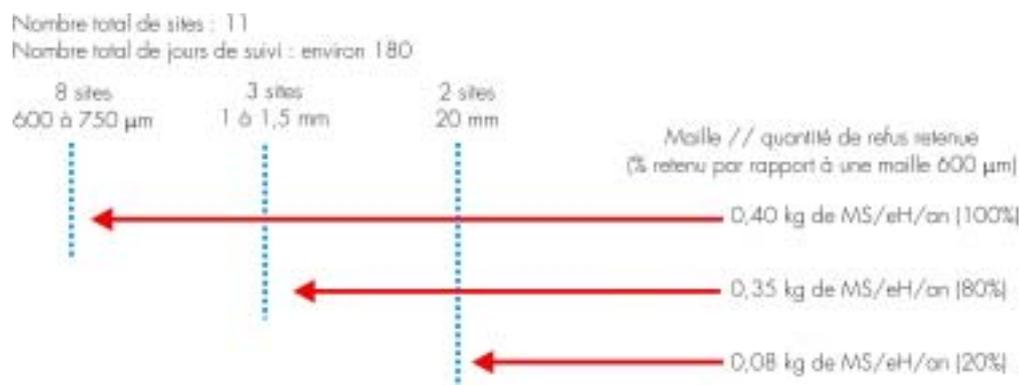


Figure 21 – Répartition de la quantité de refus en fonction de la maille

Les valeurs moyennes ne permettent pas de dégager une relation nette entre la maille et la quantité de refus. En dehors de la représentativité des mesures, d'autres paramètres semblent intervenir sur la quantité de refus produite :

- la quantité de MES et plus particulièrement leur granulométrie qui est fortement dépendante de la longueur du réseau et du nombre de postes de relèvement (cf. influence du réseau),
- le flux de MES appliqué par m² de tamis filtrant et par heure de fonctionnement,
- la charge hydraulique appliquée sur le tamis,
- le degré de colmatage du système.

AUTRES PARAMÈTRES INTERVENANT SUR L'EFFICACITÉ

Pour un même système et une même maille, on observe également une très forte variabilité de la quantité de refus exprimée en kg de MS par eH collecté et par an.

Le tableau 44 présente les résultats obtenus sur quatre sites équipés d'un même système de tamisage et d'une maille identique (750 µm).

Site	Longueur du réseau	Nombre de postes	Refus sur 24 h kg MS/eH/an	Refus sur 15 j kg MS/eH/an	Charge appliquée			
					Fraction MES/DCO	Hydraulique m ³ /m ² tamis/h	MES kg/m ² tamis/h	DCO kg/m ² tamis/h
Crémieu	12	7	0,21	0,08	0,41	37	8	20
St Trivier s/ Moignan	5	1	0,10	0,17	0,25	52	8	33
Montcet-Buel-las	12	2	0,58	0,40	0,45	16	4	9
Tramoyes	11	3	0,85	1,26	0,44	28	5	12

Tableau 44 – Rendements obtenus pour un même système et une même maille (750 µm)

Le tableau suivant présente les résultats obtenus sur trois sites équipés d'un même système de tamisage et d'une maille identique (600 µm).

Site	Longueur du réseau	Nombre de postes	Refus sur 24 h kg MS/eH/an	Refus sur 15 j kg MS/eH/an	Charge appliquée			
					Fraction MES/DCO	Hydraulique m ³ /m ² tamis/h	MES kg/m ² tamis/h	DCO kg/m ² tamis/h
Dommartin	13	1	0,41	0,23	0,57	14	5	9
Chatillon	30	3	0,34	0,40	0,53	14	3	5
St Alban du Rhône	20	3	0,58	0,34	0,47	8	2	4

Tableau 45 – Rendements obtenus pour un même système et une même maille (600 µm)

Les résultats obtenus sur des tamis de même type et de même maille ne permettent pas de distinguer les paramètres influençant l'efficacité des prétraitements compacts. Cependant, il apparaît que si l'on compare des sites de caractéristiques identiques (même longueur de réseau et même nombre de postes) comme Tramoyes et Moncet ou bien St Alban et Chatillon, plus les charges hydraulique et particulaire appliquées sur le tamis sont importantes, plus la quantité de refus collectée est importante.

INFLUENCE D'UN DÉGRILLEUR À L'AMONT

Parmi les sites étudiés, deux sont équipés en amont du tamis rotatif d'un dégrilleur classique. Nous nous intéresserons dans cette partie à l'influence du dégrilleur sur la production de refus (par temps sec et par temps de pluie) ainsi qu'à la différence entre un tamis et un dégrilleur.

Mesures réalisées à Saint Trivier sur Moignan

Ce site est équipé d'un dégrilleur (entrefer de 20 mm) et d'un tamis rotatif à alimentation interne (maille 750 µm). Les tableaux 46 et 47 présentent la proportion de refus collectée par le dégrilleur et le tamis par temps sec et par temps de pluie.

Temps sec (15 j)	Masse de refus moyenne (kg/j)	Proportion en poids brut	Siccité	Masse de MS moyenne (kg MS/j)	Proportion en poids sec	Masse de refus maximum (kg/j)	Coef. de pointe	Production en kg MS/an/eH
Dégrilleur 20 mm	0,65	25	15	0,10	28	0,7	1,1	0,07
Tamis 0,750 mm	1,93	75	13	0,25	72	2,7	1,4	0,18
Total	2,58	-	-	0,35	-	-	-	0,25

Tableau 46 – Proportion de refus entre le dégrilleur et le tamis de St Trivier par temps sec

Temps de pluie (12 j)	Masse de refus moyenne (kg/j)	Proportion en poids brut	Siccité	Masse de MS moyenne (kg MS/j)	Proportion en poids sec	Masse de refus maximum (kg/j)	Coef. de pointe	Production en kg MS/an/eH
Dégrilleur 20 mm	7,4	46	15	1,11	36	27,9	43	0,81
Tamis 0,750 mm	8,8	54	22	1,94	64	26,3	14	1,41
Total	16,2	-	-	3,05	-	-	-	2,22

Tableau 47 – Proportion de refus entre le dégrilleur et le tamis de St Trivier par temps de pluie

On retiendra que la quantité de refus retenue par un tamis ou un dégrilleur, varie d'un facteur 1,1 à 1,5 (pointe observée durant les 20 jours de suivi) par temps sec et d'un facteur pouvant atteindre 40 lors d'une forte pluie. Par temps sec, le dégrillage retient environ 25 % de matière brute (28 % de MS) et environ 45 % (35 % de MS) en temps de pluie.

Mesures réalisées à Crémieu

Ce site est équipé d'un dégrilleur (entrefer de 20 mm + compacteur) et d'un tamis rotatif à alimentation interne (maille 750 µm). Les deux tableaux suivants présentent la proportion de refus collectée par le dégrilleur et le tamis par temps sec et par temps de pluie.

Temps sec (16 j)	Masse de refus moyenne (kg/j)	Proportion en poids brut	Siccité	Masse de MS moyenne (kg MS/j)	Proportion en poids sec	Masse de refus maximum (kg/j)	Coef. de pointe	Production en kg MS/an/eH
Dégrilleur 20 mm	1,3	24	30,0	0,39	28	2,35	1,8	0,02
Tamis 0,750 mm	4,2	76	23,5	0,99	72	9,7	2,3	0,06
Total	5,5	-	-	1,38	-	-	-	0,08

Tableau 48 – Proportion de refus entre le dégrilleur et le tamis de Crémieu par temps sec

Temps de pluie (5 j)	Masse de refus moyenne (kg/j)	Proportion en poids brut	Siccité	Masse de MS moyenne (kg MS/j)	Proportion en poids sec	Masse de refus maximum (kg/j)	Coef. de pointe	Production en kg MS/an/eH
Dégrilleur 20 mm	14	24	30,0	4,20	26	26	20	0,26
Tamis 0,750 mm	43,6	76	28,0	12,21	74	77	18	0,74
Total	57,6	-	-	16,41	-	-	-	1,00

Tableau 49 – Proportion de refus entre le dégrilleur et le tamis de Crémieu par temps de pluie

On retiendra que la quantité de refus retenue par le tamis ou le dégrilleur, varie ici d'un facteur 1,5 à 2 par temps sec et d'un facteur pouvant atteindre 20 (lors d'une forte pluie). par temps sec et par temps de pluie, le dégrillage retient environ 24 % de matière brute (27 % de MS).

Synthèse des résultats

La comparaison de ces deux sites (Crémieu et Saint Trivier) nous permet d'apporter quelques précisions quant à la proportion de refus retenue par un dégrillage (20 mm) et un tamis (750 µm) :

➤ par temps sec, un dégrilleur retient environ 25 à 30 % des refus (en MS) et le tamis 70 à 75 %. Un tamis de maille 750 µm permet donc de retenir 4 à 5 fois plus de refus (et donc d'efficacité) qu'un dégrilleur traditionnel de 20 mm.

➤ par temps de pluie, la proportion de refus retenue par le dégrilleur augmente sensiblement. Cette augmentation s'explique par la modification de la granulométrie des MES (matières plus grosses en période de pluie).

En règle générale, le coefficient de pointe de production de refus (sur un dégrilleur et sur un tamis) est de l'ordre de 1,5 à 2 par temps sec, et peut atteindre 20 à 50 par temps de pluie sur un réseau unitaire. De plus, un tamis (de maille 750 µm) est environ trois à cinq fois plus efficace qu'un dégrilleur traditionnel (de maille 20 mm).



Résumé

Trois types de pré-traitements compacts sont actuellement commercialisés en France : les tamis rotatifs à alimentation externe, à alimentation interne et les tamis statiques à alimentation directe. Ces pré-traitements sont installés depuis quelques années en remplacement des pré-traitements traditionnels (dégrilleur, dessableur et dégraisseur) sur les petites et moyennes installations de traitement des eaux usées urbaines (moins de 10 000 eH). Un certain nombre d'installations existantes (de l'ordre de 42 %) connaissent d'importants problèmes d'exploitation liés principalement au gel, aux graisses et aux sables.

Ces équipements n'offrent pas une efficacité équivalente à un pré-traitement traditionnel, notamment sur la rétention des sables et des graisses. Il apparaît cependant qu'ils restent tout à fait appropriés s'ils sont bien dimensionnés, correctement exploités et s'ils sont installés sur des réseaux de collecte d'eaux usées domestique séparatifs sans apport important de graisses.

Outre un investissement moindre et un coût d'exploitation sensiblement identique à un pré-traitement traditionnel, le pré-traitement compact permet une protection efficace de la filière aval (dégrillage fin) ainsi qu'une exploitation aisée (entretien réduit et récupération d'un déchet unique, compacté et ensaché). Il faudra toutefois veiller à installer ce système hors gel et à mettre en place une production d'eau industrielle pour son lavage automatique en raison de la consommation d'eau importante. Un certain nombre de préconisations de mise en œuvre et d'entretien sont à respecter afin de garantir l'efficacité de ce type de pré-traitement et de simplifier son exploitation. Leur implantation est fortement déconseillée sur les réseaux unitaires (ou pseudo-séparatifs), avec des effluents riches en graisses (présence de cantines ou restaurants) et sur des stations d'épuration de plus de 5 000 eH (gestion difficile des quantités de refus). Ces pré-traitements étant relativement fragiles et sensibles au colmatage, une dégradation prématurée du matériel ainsi que des contraintes d'exploitation importantes (et donc des surcoûts élevés) peuvent apparaître avec le temps.

Mots-clés

Traitement de l'eau résiduaire, pré-traitements de l'eau, dégrillage, déshuilage de l'eau, dégraisage, dessablage, tamisage, eau usée urbaine, eau usée domestique.



Abstract

Study and efficiency of compact preliminary treatments for urban wastewaters

Three types of compact preliminary treatments are presently available on the French market : the rotary sieves with an external or internal supplying and the static sieves with a direct feeding. The conventional small and medium-sized municipal wastewater treatment plants (screen, grit removal and grease trap, less than 10,000 population equivalent) have been replaced by compact preliminary treatments. Some of these available facilities (about 42 %) are concerned by important operating problems generally due to frost, fats and grits.

The efficiency of such equipment is not as good as conventional preliminary treatments as far as retention of grits and greases are concerned. However, it seems that they are well-suited if they are well-sized, well runned and installed on separate domestic wastewater systems without any important concentration of fat.

Besides a lower investment and an operating cost quite similar to conventional preliminary treatments, the compact preliminary treatment provide an efficient protection of the downstream channels (thin screenings) and is easily operated (easy maintenance and recovery of just an only one compacted and bagged waste). However, this system should not be installed out of frost and an industrial water production must be set up for its automatical washing (important consumption of water). A few recommendations on implementation and maintenance should be fulfilled in order to guarantee the efficiency of this kind of preliminary treatment and to simplify its operation. The set up of such a preliminary treatment is strongly inadvisable on combined systems (or partially separate system ones), with effluents with a high fat content (like in dining halls or restaurants), and on treatment plants of more than 5 000 p.e. (uneasy control of waste content). As these preliminary treatments are comparatively fragile and clogging sensitive they can lead to important operating constraints (and higher costs) or premature damage of the equipment.

Key words

Wastewater treatment, preliminary treatment, compact preliminary treatments, screen, grit removal, grease trap, municipal wastewater, domestic wastewater.

		
N°	Désignation de l'ouvrage	Parution
1	L'exploitation des lagunages naturels	1985
2	Définition et caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi pour les appareils de désinfection	1986
3	Manuel pratique pour le renforcement et l'étanchéité des réservoirs d'eau potable	1986
4	Élaboration des dispositions locales de secours pour la distribution d'eau potable	2002
5	Les stations d'épuration adaptées aux petites collectivités	1986
5 bis = 22 bis	Stations d'épuration – Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation	2002
6	Les bassins d'orages sur les réseaux d'assainissement	1988
7	Le génie civil des bassins de lagunage naturel	1990
8	Guide technique sur le foisonnement des boues activées	1990
9	Les systèmes de traitement des boues des petites collectivités	1990
10	Élimination de l'azote dans les stations d'épuration biologiques des petites collectivités	1990
11	L'eau potable en zone rurale – Adaptation et modernisation des filières de traitement. Réédition 1998	1992
12	Application de l'énergie photovoltaïque à l'alimentation en eau potable des zones rurales	1996
13	Lutte contre les odeurs des stations d'épuration	1993
14	Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau	2002
15	Financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable	1993
16	La gestion collective de l'assainissement autonome – Bilan des premières expériences	1993
17	Les nouvelles techniques de transport d'effluents	1996
18	La décantation lamellaire des boues activées	1994
19	Guide sur la gestion de la protection des captages d'eau potable dans les vallées alluviales	1997
20	Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales	1998
21	Études préalables au zonage d'assainissement. Guide méthodologique à l'usage des techniciens	1998
22	Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités	1998
23	Application des énergies renouvelables à la potabilisation et à l'épuration des eaux	1999
24	Performances des systèmes de traitement biologique des graisses	2001
25	Traitement de l'azote dans les stations d'épuration des petites collectivités	2002
26	Insufflation d'air fines bulles. Application aux stations d'épuration en boues activées des petites collectivités	2002
27	Guide méthodologique d'études anti-bélier pour les réseaux d'eau potable	2002
28	Étude des prétraitements compacts basés uniquement sur le tamisage fin. Cas du traitement des eaux résiduaires urbaines ou domestiques.	2004
		
Documents hors-série		
HS 4	Élimination des nitrates des eaux potables	2002
HS 5	Les différents procédés de stockage des boues d'épuration avant valorisation en agriculture	1993
HS 9	Les pollutions accidentelles des eaux continentales	1995
HS 10	Le renouvellement des réseaux d'eau potable	1994
HS 11	L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation	1998
HS 12	La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux	2002
HS 13	Le contrôle et l'entretien des installations d'assainissement non collectif. État de la réglementation et bilan des services publics de gestion des installations.	2000
INV90NA	Situation de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement dans les communes rurales en 1990. Synthèse nationale 1990	1993
INV90DE	Synthèse nationale et résultats départementaux 1990	1993
INV95NA	Situation de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement dans les communes rurales en 1995. Synthèse nationale 1995	1997
INV95DE	Synthèse nationale et résultats départementaux 1995	1997

NB : certains numéros sont épuisés. Tous les documents techniques FNDAE sont disponibles sous forme numérique sur le site <http://www.eau.fndae.fr>. Pour obtenir des tirages papier, les commandes sont à adresser au Cemagref, DSIC/IST, BP 44, 92163 Antony Cedex. Tél. 01 40 96 62 85, Fax 01 40 96 61 64.