

PROBLÈME DES BOUES

L'épuration des eaux résiduaires urbaines se traduit notamment par une production de boues en excès qu'il convient d'évacuer périodiquement. Ces boues sont issues de différents processus, concernant :

- les effluents bruts : dans ce cas, il s'agit d'une simple récupération par sédimentation naturelle des matières en suspension décantables (décantation primaire) ;
- les effluents conditionnés à l'aide de réactifs chimiques : les matières particulaires et colloïdales sont précipitées après coagulation avec un sel de fer ou d'aluminium, suivie d'une décantation (traitements physico-chimiques) ;
- les effluents traités biologiquement : dans ce cas, une partie de la pollution organique est assimilée par des bactéries cultivées qui se multiplient pour former une biomasse active qu'il convient de limiter par soutirage régulier, afin de maintenir les performances des traitements (décantation, activation, filtration, ...).

La production de boues, exprimée en quantité de matières sèches (MS), dépend du choix du procédé adopté pour l'épuration. Le traitement des boues liquides (voir Memotec n°s 18 et 22) aboutit à un produit plus ou moins épaissi, déshydraté ou séché, en fonction de sa destination finale, qui dépend de sa valeur agronomique ou énergétique, et de ses caractéristiques chimiques (teneurs en métaux lourds, en micropolluants, ...).

production de matières sèches en excès : le bilan massique

UNE PRODUCTION NATIONALE EN AUGMENTATION

Les chiffres sont éloquentes : le bilan massique est passé de 850 000 t de matières sèches en 2000 à 1 200 000 t en 2002. On estime que le chiffre de 1 300 000 t devrait être atteint fin 2005. En Ile de France, la production représentait 145 000 t de MS en 2003 ; on estime qu'elle atteindra près de 200 000 t dans les années 2015-2020. L'augmentation de la collecte et le renforcement de la réglementation sont à l'origine de cette progression.

Une production spécifique par procédé

Tous les procédés utilisés en épuration ne sont pas égaux face à la production de MS en excès. Le tableau 1 donne quelques fourchettes de production.

PROCÉDÉS	MS (g.hab ⁻¹ .j ⁻¹)
Décantation primaire (DC)	40 - 60
DC + digestion anaérobie	25 - 40
DC + lit bactérien	65 - 75
Boues activées libres	30 - 50

Tableau 1

Les moyens d'estimation de la production

Lorsque la filière de traitement des effluents met en œuvre des procédés biologiques, l'évaluation de la production de MS en excès reste empirique du fait du grand nombre de facteurs entrant en jeu. Plusieurs modèles mathématiques ont été développés afin d'évaluer cette production. Tous ne sont pas équivalents, et conduisent à des résultats qui peuvent varier du simple au double. Le moins complexe de ces modèles est représenté par l'équation suivante, qui donne, pour des rejets urbains, une première estimation de la quantité de MS produite :

$$P_{MS\text{biologique}} = (MES + DBO_5) / 2, \text{ avec : } \begin{array}{l} P_{MS} : \text{ production de boues en kg MS.j}^{-1} \\ MES : \text{ flux entrant de MES en kg MES.j}^{-1} \\ DBO_5 : \text{ flux entrant de DBO}_5 \text{ en kg DBO}_5\text{.j}^{-1} \end{array}$$

En fait, la base de calcul est l'équivalent habitant (EH) supposé rejeter 57 g.j⁻¹ de matières oxydables (selon l'arrêté du 9 décembre 2004). La valeur théorique de production des boues par kg de DBO₅ éliminé, pour un effluent domestique, est de 0,8 kg MS/kg DBO₅ éliminé. Cependant, des travaux menés dans les années 90, ont montré qu'en pratique, ce rapport serait plutôt de l'ordre de 0,44 kg MS/kg DBO₅ éliminé, avec des écarts remarquables autour de cette valeur : de 0,1 jusqu'à 1,5 kg MS/kg DBO₅ éliminé. En outre, il apparaît que le bilan massique croît avec la taille de la station. Ces variations sont dues à plusieurs paramètres :

- réseau unitaire : + 10 à 30 % de MS produites par rapport à un réseau séparatif ;
- épuration physico-chimique : il faut ajouter les poids en MS des produits chimiques injectés, après application d'un coefficient de correction ;
- déphosphatation : + 12 à 25 % pour un procédé chimique ; un procédé biologique n'a pas d'influence sur le bilan massique.

BILAN QUANTITATIF DE LA PRODUCTION DE BOUES

Il dépend essentiellement de la siccité obtenue après mise en œuvre d'un traitement des boues. Ce bilan a une incidence directe sur les investissements à réaliser pour leur stockage, ainsi que sur les coûts de transport.

$$\text{Production de boues (t)} = \frac{MS(t) \times 100}{\text{Siccité (\%)}}$$

La siccité à obtenir est dictée par les filières de valorisation finale des boues

Le traitement des boues recouvre un grand nombre de procédés qu'il convient de sélectionner afin d'obtenir la siccité requise par l'utilisateur final des boues :

- dans le cas d'une valorisation agricole, l'objectif de siccité des boues dépend des équipements que l'agriculteur utilise pour l'épandage. Ainsi, on peut tout aussi bien épandre des boues liquides ou épaissies (siccité comprise entre 0,8 et 10 %), que des boues déshydratées (15 à 40 %), voire séchées (supérieure à 60%). En pratique, lorsque ce mode de

valorisation est possible, le choix est généralement réalisé sur la base de considérations économiques (coûts d'investissement et d'exploitation) ;

- dans le cas d'une valorisation sous forme de compost, la siccité de la boue doit être comprise entre 16 et 20 % ;
- dans le cas d'une valorisation thermique, la siccité dépend de l'équipement mis en œuvre :
 - pour une co-incinération avec les ordures ménagères, et lorsque les boues sont réceptionnées dans la trémie des ordures ménagères, il est souvent requis une siccité minimum de 21 % qui est à corréler, en fait, avec le PCI* de combustion de la boue. Dans certains cas, l'incinérateur est équipé d'un dispositif d'injection permettant l'acceptation de boues ayant subi un simple traitement d'épaississement ;
 - pour une incinération spécifique des boues, la siccité doit être suffisamment élevée pour que le PCI de la boue permette une valorisation énergétique ; idéalement cette siccité est supérieure à 60 % ;
 - pour la mise en œuvre d'une oxydation par voie humide (transformation des boues en un résidu minéral sous faibles températures – 250 à 300 °C – et à des pressions élevées – 70 à 150 bar), les boues sont simplement épaissies (siccité de l'ordre de 5 %),
- dans le cas de la mise en décharge, la siccité minimum requise est de 30 à 35 % suivant les prestataires, ce qui suppose la mise en place d'équipements de déshydratation des boues. Dans le cas où elles sont valorisables, il n'est désormais plus possible de destiner les boues à un centre d'enfouissement, conformément à la directive européenne du 26 avril 1999 qui planifie une réduction progressive de l'enfouissement des déchets valorisables, et ce jusqu'en 2015.

Comment obtenir la siccité requise ?

Il existe une grande variété de procédés de traitement des boues ayant des possibilités bien spécifiques quant à la siccité pouvant être obtenue, comme l'indique le tableau 2.

PRINCIPAUX PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES BOUES	SICCITÉS POSSIBLES EN SORTIE DU DISPOSITIF
Épaississeur (statique ou hersé), avec ou sans conditionnement	2,5 à 5 % pour des boues biologiques 10 à 15 % pour des boues primaires
Flottateur avec conditionnement chimique (particulièrement adapté aux boues biologiques)	4 % environ
Table ou tambour d'égouttage avec conditionnement chimique	5 à 12 %
Digesteur aérobie ou anaérobie	1 à 10 % + réduction de près de 45% du bilan massique par liquéfaction de la matière. La siccité diminue légèrement par rapport à celle de la boue en entrée du digesteur.
Filtre à bande, avec conditionnement chimique	15 à 20 %
Centrifugeuse, avec conditionnement chimique	20 à 25 %
Filtre-pressé avec conditionnement chimique	30 à 45 %
Filtre-pressé avec conditionnement thermique	45 à 55 %
Séchage naturel (lits de séchage)	Dépendant des conditions météorologiques et des pratiques d'exploitation. On peut atteindre 60 % de siccité.
Séchage solaire (serres équipées d'une ventilation forcée)	La valeur de 60 % est atteinte de façon beaucoup plus systématique que pour le séchage naturel.
Systèmes plantés (lits de rhizophytes)	Dépendant des conditions météorologiques et des pratiques d'exploitation. Permettent surtout la minéralisation des boues et la diminution de la quantité de boues à évacuer.
Sécheur thermique	60 à 92 %

Tableau 2

Il est à noter que les siccités précisées ci-dessus peuvent être raisonnablement augmentées d'environ 10 points par un chaulage ultérieur. Dans tous les cas, la mise en œuvre d'étapes successives de traitement (épaississement + déshydratation + séchage) permettant l'obtention de siccités différentes au fil du traitement, donne la possibilité d'une valorisation ultérieure multi-filières.

QUALITÉ DES BOUES : UN FACTEUR ESSENTIEL POUR L'ÉPANDAGE AGRICOLE OU LE COMPOSTAGE

L'épandage agricole est actuellement la filière de valorisation la plus développée, mais du fait du principe de précaution, elle doit faire face à une méfiance grandissante, des agriculteurs d'une part, et des consommateurs d'autre part. La provenance même des boues (résidus d'épuration), et plus encore, la présence de métaux lourds et autres micropolluants dangereux pour la santé, induisent une inquiétude chez tous les utilisateurs. Ces inquiétudes ont conduit à :

- un renforcement des contrôles et à l'obligation de traçabilité des produits épandus ;
- la mise en place de labels de qualité permettant d'assurer et de vérifier les conformités chimique, sanitaire et microbiologique des boues, et ce, dans le cadre de la législation définissant la qualité de la boue destinée à l'épandage (décret n°97-133 du 8 décembre 1997 et arrêté du 8 janvier 1998).

La conséquence directe d'une telle démarche implique la nécessité de prévoir :

- un stockage de longue durée pour s'adapter aux périodes réglementaires d'épandage sur les terrains agricoles ;
- une destination alternative, en cas de pollution ne permettant ni valorisation agricole, ni compostage, car en pratique et à ce jour, les traitements de dépollution des boues visant à améliorer leur qualité sont inexistantes, ou tout du moins, économiquement non envisageables.

CONCLUSION

La problématique de la production des boues (bilans quantitatif et qualitatif) est désormais intégrée dès la conception d'une station d'épuration, afin d'adapter les filières de traitement des eaux et des boues aux possibilités locales de destination finale des boues.

* siccité (S) : mesure de la matière sèche dans les boues. $S = (M_2 \times 100) / M_1$ avec M_1 : masse de l'échantillon dont on mesure la siccité et M_2 , masse du même échantillon après séchage à 105°C jusqu'à obtenir une masse constante.

* PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur (kcal.kg⁻¹) : quantité de chaleur générée par la combustion complète d'un corps par unité de masse