

# Traitement des boues

par **Abdelkader GAÏD**

*Docteur ès sciences  
Chef du département Véolia eau  
Direction technique Véolia eau*

<b>1. Problématique des boues.....</b>	<b>C 5 221 - 2</b>
<b>2. Principales voies de traitement .....</b>	<b>— 2</b>
<b>3. Présentation des procédés de traitement .....</b>	<b>— 4</b>
3.1 Stabilisation des boues .....	— 4
3.1.1 Stabilisation à la chaux.....	— 4
3.1.2 Stabilisation des boues aux nitrites (Procédé SAPHYR <sup>®</sup> , OTV).....	— 4
3.1.3 Stabilisation aérobie thermophile .....	— 5
3.2 Procédé de réduction des boues .....	— 6
3.3 Déshydratation des boues.....	— 7
3.3.1 Déshydratation mécanique et naturelle .....	— 7
3.3.2 Déshydratation thermique .....	— 11
3.4 Oxydation par voie humide (OVH) .....	— 13
3.5 Compostage des boues .....	— 13
<b>Pour en savoir plus .....</b>	<b>Doc. C 5 221</b>

**O**n regroupe sous le vocable « boues » un ensemble de déchets liquides, pâteux ou solides sortant de l'usine de traitement des eaux usées. On retiendra que les boues d'épuration désignent l'ensemble des phases concentrées issues des opérations de séparation de phase (décantation, épaississement, filtration, déshydratation...) du traitement des eaux usées.

Une station d'épuration produit quotidiennement autour de 2-3 m<sup>3</sup> pour 1 000 habitants. Les boues extraites contiennent de fortes proportions en matières organiques et sont donc fermentescibles. En fonction de leur destination, elles font l'objet d'un traitement et d'un conditionnement destiné à en réduire le volume et à assurer leur stabilisation et leur hygiénisation.

Ce chapitre présente un large éventail des techniques actuelles destinées au traitement des boues et à leur valorisation.

**Tableau 1 – Les boues en France et dans l'Union européenne**

Pays	Production en 2005 (tMS/an) (1)	Boue/équivalent raccordé (g)	Vers décharge	Vers agriculture	Vers incinération	Autres (2)
France	950 000	82	20 %	62 %	16 %	2 %
Union européenne	11 400 000	78	38 %	51 %	11 %	–

(1) tMS : tonne de matières sèches. Compte tenu de l'importance des opérations de concentration, la tMS est souvent retenue comme variable de dimensionnement et de suivi du traitement des boues.  
(2) Autres : filière inconnue, lagunage, lits de séchage plantes de roseaux, séchage...

## 1. Problématique des boues

Tout traitement d'épuration conduit à la production de déchets. Ceux-ci sont collectés :

- au niveau du prétraitement : refus de dégrillage, déchets du dégraissage et du dessablage ;
- au niveau des décanteurs primaires, secondaires, voire tertiaires : il s'agit des boues.

En volume comme en nuisance, les boues constituent les principaux déchets à traiter sur une station d'épuration. En effet, les lois sur l'eau promulguées par les parlements européens et exprimées en droit français par le décret n° 94-469 du 3 juin 1994 (et appuyées par la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil qui a établi un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau) se traduisent simultanément par une densification du traitement des eaux et par un niveau poussé d'épuration (cf. *Réglementation* [Doc. C 5 221]). C'est donc une masse de plus en plus importante qu'il convient de traiter, suite à l'amélioration de la collecte des eaux usées, à l'augmentation des rendements et à l'accroissement de la quantité de boues produites, notamment à cause de la déphosphatation.

Dans l'Union européenne, les boues sont évacuées :

- en agriculture ou en sylviculture ;
- vers une décharge ou un centre de stockage contrôlé ;
- vers un incinérateur à boues ou à déchets ménagers ;
- vers le milieu marin pour certains États membres, mais cette pratique est condamnée à court terme.

Le tableau 1 indique les productions et dévolutions respectives des boues en France et dans l'Union européenne.

La France, de par ses traditions et sa géographie, a opté pour une valorisation agricole importante de ses boues. Cependant, cette dévolution ne concerne qu'environ 1 % de la surface agricole utile.

Par suite de raccordements industriels, les boues sont parfois contaminées par des substances nocives pour la santé ou l'environnement telles que des métaux lourds (mercure, cadmium, plomb...), des micropolluants organiques (polychlorobenzènes, hydrocarbures aromatiques polycycliques...) ou des germes pathogènes. C'est pourquoi les États se dotent de législations protégeant leurs ressources agricoles. En France, le décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997, accompagné de l'arrêté du 8 janvier 1998, fixe des niveaux sévères sur les micropolluants et oblige la collectivité à un suivi rigoureux de l'épandage qui doit prouver son innocuité et son utilité. En cas d'élimination thermique, la norme européenne concernant l'incinération des déchets ménagers impose des seuils stricts sur les rejets atmosphériques de métaux lourds, de gaz acides, de NO<sub>x</sub> et de dioxines. Enfin, la mise en centre de stockage, précisée par l'arrêté du 9 septembre 1997, est également soumise à des conditions d'admission et de suivi rigoureux (traitement des lixiviats et du biogaz).

L'objectif du producteur de boues confronté à l'épandage est donc d'obtenir une boue de qualité « produit », même si celle-ci

demeure au sens du législateur un déchet. La boue traitée devra donc présenter une ou plusieurs des propriétés suivantes :

- un **état stabilisé** objectivement apprécié par un critère lié à son aptitude à générer des nuisances olfactives, l'appréciation subjective ne pouvant tenir lieu de critère de mesure ;
- un **état hygiénisé** mesuré par un niveau de contamination en germes types (entérovirus, salmonelles, œufs d'helminthes) ;
- une **texture solide** permettant sa tenue en tas à 30 °C en vue d'un entreposage sur site ou en bout de champ.

Bien entendu, à côté de l'objectif qualité, il convient de minimiser la quantité de boues produites. Il faut noter qu'une dévolution autre qu'agricole ne soustrait pas totalement à ces obligations : la mise en centre de stockage de déchets ménagers impose une siccité minimale de 30 % et une filière d'incinération est très souvent suppléée par une filière de secours, ou peut imposer des durées de stockage importantes, notamment dans le cas d'une co-incinération sur un site extérieur.

## 2. Principales voies de traitement

Ces deux objectifs, qualitatif et quantitatif, seront obtenus en enchaînant des opérations unitaires de réduction de volume, de dégradation de la matière sèche ou de stabilisation.

• **La réduction de volume** est classiquement obtenue à travers des opérations de séparation de phases liquide/solide par décantation, filtration ou évaporation rencontrées dans les techniques d'épaississement, de déshydratation et de séchage thermique.

• **La dégradation des matières organiques** de la boue par des procédés biologiques (**digestion, compostage**) ou thermiques (**incinération** à 850 °C, **oxydation par voie humide** de boues liquides épaissies sous 45 bar à 250 °C) conduira également à un volume final moindre.

• **La stabilisation** sera concrètement obtenue en ralentissant, voire en supprimant, la biodégradation putride des matières organiques de la boue, à travers différentes voies, biologique, chimique ou physique avant (phase liquide) ou après (phase pâteuse) l'étape de déshydratation.

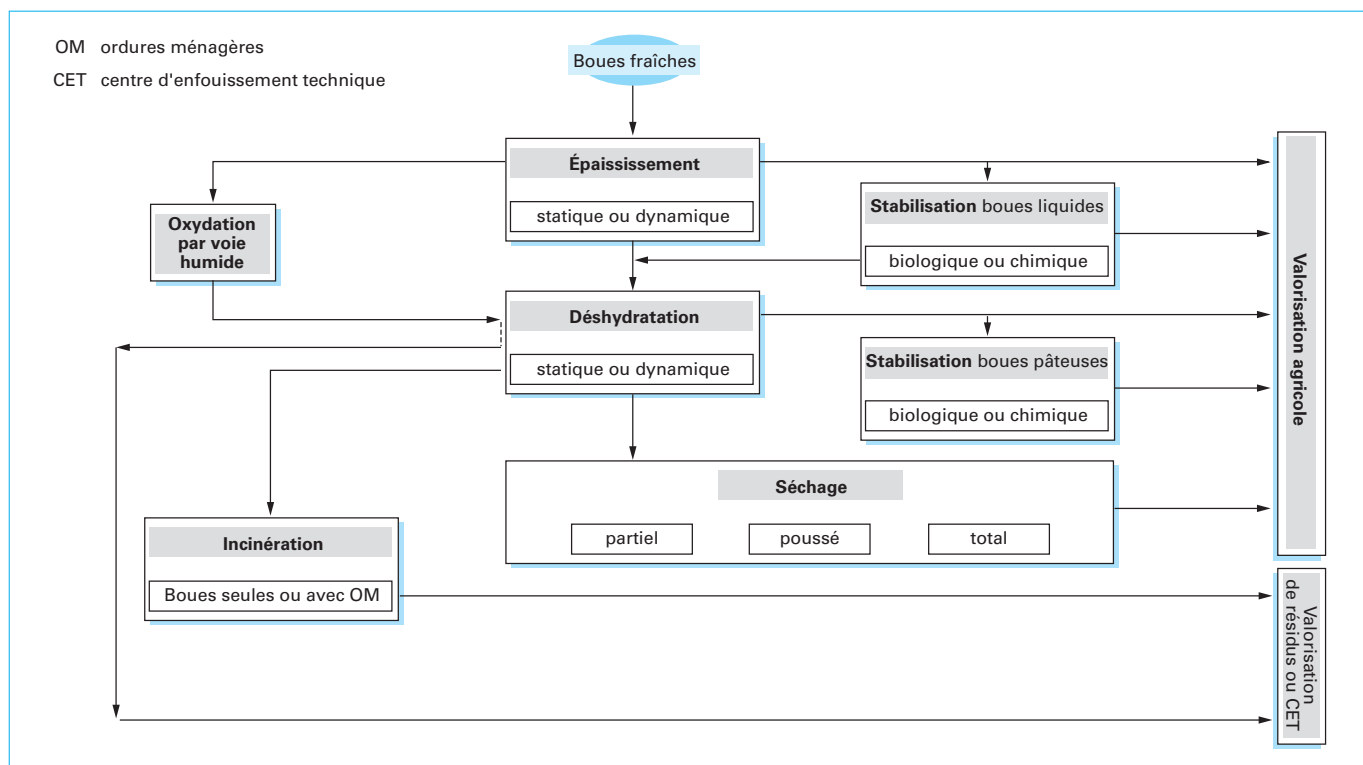
Le tableau 2 présente les différentes techniques de stabilisation.

Il est clair qu'une opération unitaire, telle que l'incinération par exemple, peut réaliser plusieurs fonctions : réduction de volume, stabilisation et hygiénisation grâce aux hautes températures mises en jeu. La figure 1 précise l'enchaînement de ces opérations unitaires.

■ **L'épaississement** concerne essentiellement les boues fraîches. Les boues sont concentrées de 3 à 10 fois de quelques g/L à quelques dizaines de g/L selon le type de boue et le procédé utilisé. Cette opération peut être effectuée par simple épaississement gravitaire dans un ouvrage cylindrique ou bien mécaniquement, par table ou tambour d'égouttage, par centrifugation ou encore par flottation moyennant l'ajout d'un polymère organique à charge cationique.

**Tableau 2 – Techniques de stabilisation**

Voie	Effet	En phase liquide	En phase pâteuse
Biologique	dégrade les matières organiques selon un bioprocédé contrôlé	digestion anaérobie, stabilisation aérobie thermophile	compostage
Chimique	inhibe la dégradation incontrôlée (putride) des matières organiques	stabilisation aux sels de nitrites	chaulage
Physique	inhibe la dégradation incontrôlée (putride) des matières organiques		séchage
	détruit les matières organiques par oxydation thermique	oxydation par voie humide (OVH)	incinération

**Figure 1 – Enchaînement des opérations unitaires du traitement des boues**

■ Éventuellement, la boue épaissie peut être **stabilisée**. Cette opération minimise la masse de matières et réduit les nuisances olfactives et microbiologiques. La digestion dans un ouvrage anaérobie moyennant un temps de séjour de l'ordre de 20 j demeure la technique la plus courante. Après déshydratation, le volume à évacuer se trouve alors réduit d'un tiers environ.

■ La **déshydratation** permet de poursuivre l'opération d'épaississement jusqu'à un état pâteux, les boues titrant alors de 15 à 35 % de siccité selon le type de boue et l'appareillage sélectionné. Elle se fait couramment par des moyens mécaniques tels que la décanteuse centrifuge, le filtre à bande ou le filtre-pressé à plateaux. Ces techniques exigent l'ajout de polymère, ou encore de chaux et de chlorure ferrique dans le cas des filtres à plateaux.

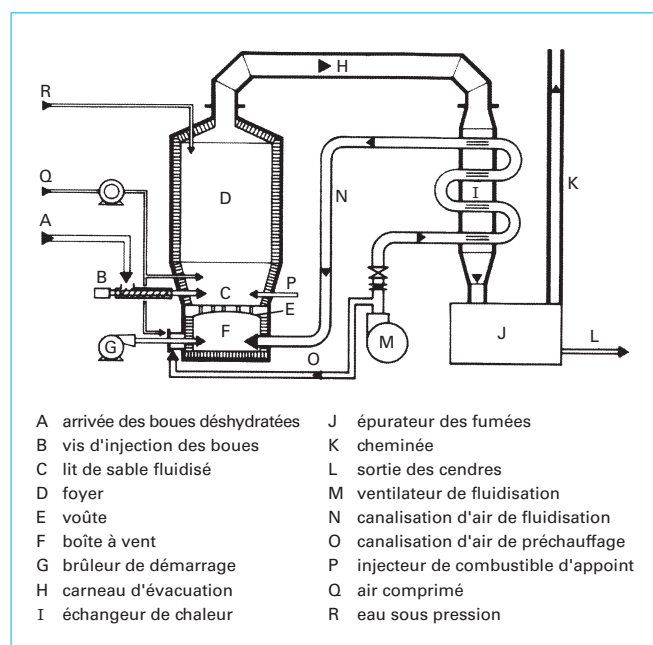
La déshydratation constitue souvent l'étape limitante de la filière : une siccité minimale peut en effet être imposée contractuel-

lement (généralement > 30 %) en vue de l'évacuation de la boue ou être requise en vue d'une incinération dans des conditions d'auto-combustibilité.

L'ajout de chaux à hauteur de 200 à 600 kg de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  par tonne de matière sèche est alors souvent pratiquée et permet une stabilisation chimique de la boue déshydratée.

■ Le **séchage** conduit à une réduction de volume jusqu'à plus de 60 %, voire 90 % de siccité si nécessaire. Il peut être aussi utilisé en couplage avec un four afin de dépasser la siccité requise (supérieure à 30 %) pour rendre la boue toujours autocombustible.

■ L'**incinération** réduit enfin la quantité finale de boues aux seules matières minérales. Elle peut être réalisée sur l'usine d'épuration (figure 2) ou en co-incinération avec les ordures ménagères (OM) dans certaines conditions (proximité du four).



**Figure 2 – Fonctionnement d'un four OTV Pyrofluid (à boîte à vent chaude)**

Grâce aux hautes températures mises en jeu, le séchage et surtout l'incinération **hygiénisent** la boue en éliminant les germes et les odeurs. Si ces deux opérations ne sont pas envisagées dans la filière, une stabilisation des boues peut être effectuée sur les boues déshydratées par chaulage ou par compostage.

**Nota :** grossièrement, un volume de 100 entrant sur l'épaisseur devient 20 à sa sortie, 4 après déshydratation, 1 après séchage à 90 % et seulement 0,3 en sortie d'incinérateur.

### 3. Présentation des procédés de traitement

#### 3.1 Stabilisation des boues

##### 3.1.1 Stabilisation à la chaux

La stabilisation chimique des boues déshydratées est une opération unitaire du traitement des boues faisant suite à l'étape de déshydratation. Elle s'opère donc sur des boues pâteuses. Le réactif utilisé est essentiellement la chaux.

C'est une opération terminale du traitement des boues : la boue chaulée est ensuite évacuée de la station pour être utilisée en **agriculture**, voire être évacuée en centre d'enfouissement technique (CET) pour déchets banals ou assimilés (ex « décharge de classe II »), mais est rarement incinérée.

Les objectifs de la stabilisation chimique à la chaux sont les suivants :

- stabiliser la boue, c'est-à-dire bloquer les fermentations entre la sortie du traitement et la réalisation de l'épandage. Cela se traduit concrètement par une minimisation des nuisances olfactives ;
- sous certaines conditions, hygiéniser la boue par destruction de micro-organismes pathogènes ;
- augmenter la siccité, particulièrement en cas de mise en décharge ;

**Tableau 3 – Exemples d'abattement des germes à la chaux quantité suffisante pour pH = 12 (en germes/mL)**

Germes	Boue primaire fraîche	Boue primaire chaulée	Boue biologique fraîche	Boue biologique chaulée
Coliformes totaux	$29 \cdot 10^6$	$0,12 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^3$
Coliformes fécaux	$8,3 \cdot 10^6$	59	$270 \cdot 10^3$	160
Strepto-coques fécaux	$390 \cdot 10^3$	160	$100 \cdot 10^3$	68
Œufs d'ascaris	Éliminés avec $\text{Ca(OH)}_2/\text{MS} \geq 30\%$ ou $\text{CaO}/\text{MS} \geq 20\%$ après 3 mois de stockage			

– améliorer les caractéristiques de tenue de la boue, notamment en cas d'un stockage précédant l'épandage, afin de rendre les boues « gerbables ». Cette propriété est particulièrement intéressante lorsque la boue, en sortie, de déshydratation, présente un aspect pâteux marqué (boues centrifugées...) ;

– apporter un amendement alcalin aux terres acides.

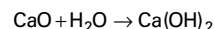
La chaux utilisée sur les stations d'épuration se présente sous deux formes :

- la chaux vive de formule  $\text{CaO}$  ;
- la chaux éteinte de formule  $\text{Ca(OH)}_2$  encore appelée « chaux blutée », « chaux hydratée » ou « fleur de chaux ».

La chaux est une base forte. En quantité suffisante, elle permet d'atteindre et de maintenir un pH égal à 12 au moins pendant 3 mois conférant une action stabilisatrice par inactivation des germes d'une part, et d'autre part par réaction purement chimique avec de nombreuses molécules soufrées.

Sous sa forme  $\text{CaO}$ , elle permet en outre, en réagissant avec l'eau des boues, deux actions supplémentaires :

– une action déshydratante poussée d'une part par transformation d'une partie de l'eau libre des boues en eau combinée à la chaux, d'autre part par effet évaporatif selon la stœchiométrie de la réaction suivante :



– une action germicide supplémentaire par augmentation de la température de la masse, la réaction précédente, exothermique, dégageant 1 160 kJ/kg  $\text{CaO}$ .

En terme d'hygiénisation, le tableau 3 donne quelques valeurs d'abattement de germes :

Toutefois, le **chaulage** est moins efficace que d'autres techniques (par exemple la « pasteurisation » en *batch* pendant 30 min à 70 °C) pour abattre les bactéries sporulées ainsi que les œufs d'helminthes.

Le chaulage présente l'avantage d'être une opération purement physico-chimique parfaitement maîtrisable. Les coûts d'investissement sont, en outre, modestes.

##### 3.1.2 Stabilisation des boues aux nitrites (Procédé SAPHYR®, OTV)

Le procédé SAPHYR® est un procédé de stabilisation des boues par voie chimique permettant un stockage ou un entreposage aisé limitant les mauvaises odeurs. Il peut également être envisagé comme un procédé d'hygiénisation et comme une technique d'amélioration de la déshydratation de 2 à 5 points selon le type de boue et le matériel utilisé.

Il s'agit d'une pseudo-stabilisation dans la mesure où la fraction biodégradable n'est pas détruite, mais seulement « bloquée ».

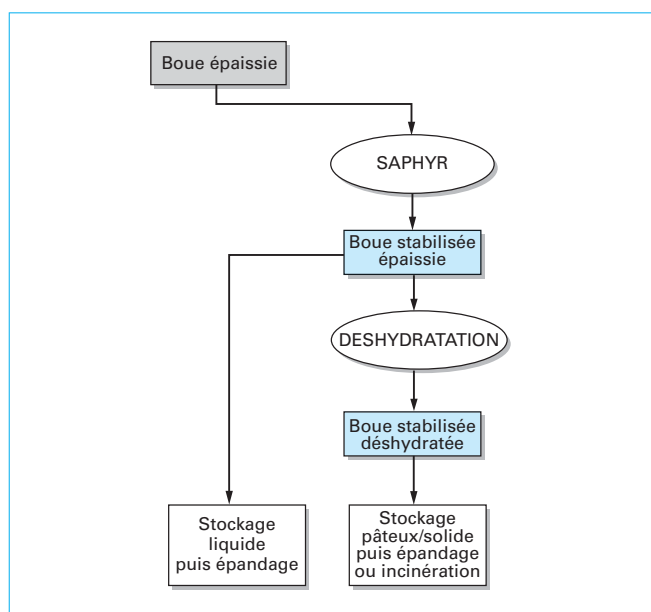


Figure 3 – Procédé SAPHYR® en alternative au chaulage

En conséquence, c'est un procédé à rapprocher de la « stabilisation » à la chaux des boues, mais à la différence de cette dernière, le traitement s'effectue en phase liquide, préférentiellement sur des boues épaissies et sans augmentation de la masse sèche finale à évacuer. Par ailleurs, SAPHYR n'introduit pas de toxique dans la boue et donc n'obère pas la dévolution agricole qui demeure la destination privilégiée.

SAPHYR peut être proposé quelle que soit la dévolution, l'intérêt étant à examiner au cas par cas.

Pour l'épandage en agriculture, ce procédé peut être proposé en alternative au chaulage (cf. figure 3) : épaissement – SAPHYR® – (déshydratation).

Les boues épaissies sont admises dans un milieu acide maintenu à un pH compris entre 2 et 4 (figure 4). Elles sont alors soumises pendant environ 1 heure à l'action des ions nitrites  $\text{NO}_2^-$ , puissant réactif potentialisé en milieu acide. Il s'ensuit une destruction des composés réduits odorants ( $\text{H}_2\text{S}$ , mercaptans...), mais également une inactivation des germes responsables de la dégradation des matières organiques. On aboutit à une « stabilisation » de la boue dans la mesure où celle-ci peut être stockée (à l'abri) sans dégager d'odeurs fortes ou désagréables.

Dans le réacteur, une régulation du pH est donc à prévoir. Une sonde redox, en outre, est requise pour vérifier les bonnes conditions de fonctionnement ( $\text{eH} > +200 \text{ mV}$ ) et ajuster le débit de nitrites.

Dans ce procédé, on observe la formation de  $\text{NO}_x$ , regroupés sous le terme générique « d'oxydes d'azote » ( $\text{NO}_x$ ). Les  $\text{NO}_x$  regroupent principalement deux molécules gazeuses, odorantes et toxiques à faible dose. Ce sont :

- le monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) ;
- le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ).

On y ajoute également :

- le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ;
- le tétra oxyde de diazote ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) ;
- le trioxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ).

Les composés analysés par les réseaux d'alerte et de mesure de la pollution de l'air sont  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$ .

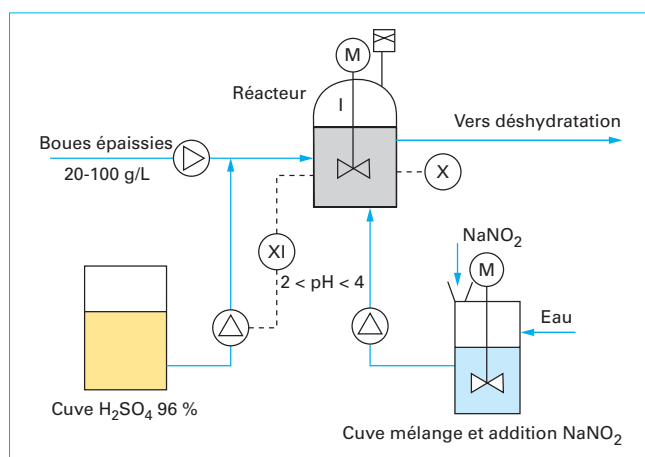


Figure 4 – Principe d'une unité de stabilisation aux nitrites

Tableau 4 – Réductions de flore après traitement

Germes (pour 1 g de boues humides)	Concentration initiale	SAPHYR (pH 2,7 à 3)	SAPHYR (pH 2 à 2,3)
<i>E. coli</i> , entérocoques	$10^5$ à $10^7$	5 à 6 lg	5 à 6 lg
Salmonelles	$10^2$ à $10^5$	5 à 6 lg	5 à 6 lg
Streptocoques	$10^5$ à $10^6$	3 à 6 lg	3 à 6 lg
Spoires de clostridies	$10^5$ à $10^7$	1 lg	4 à 6 lg

Dans le procédé SAPHYR, l'azote injecté se retrouve principalement sous la forme de monoxyde d'azote  $\text{NO}$ . En solution de base, les  $\text{NO}_x$  du ciel gazeux sont ventilés à l'atmosphère avec une dilution suffisante, par exemple inférieure aux  $200 \text{ mg/m}^3$  relatifs aux rejets atmosphériques des incinérateurs dans le droit européen (directive 2000/76/CE). Toutefois, un traitement de l'air sur charbon actif peut être installé afin de débarrasser celui-ci des  $\text{NO}_x$  générés.

L'irritation des muqueuses commence dès que leur teneur (en volume) dépasse 0,0013 %. Le seuil maximal admissible fixé par l'OMS est de  $400 \mu\text{g/m}^3$  de moyenne sur 1 heure, et  $150 \mu\text{g/m}^3$  de moyenne horaire sur 24 heures.

Le traitement conduit à une suppression des nuisances olfactives et à l'inhibition de l'activité fermentative. Exprimé en indice d'odeur (mesure de  $\text{H}_2\text{S}$  et  $\text{CH}_3\text{SH}$  par chromatographie d'un échantillon de ciel gazeux au-dessus de la boue), la réduction est déjà de 6 lg après 3 mois de stockage. L'indice d'odeur obtenu se rapproche de celui mesuré au-dessus d'un compost arrivé à maturation.

À  $\text{pH}=3$ , après un stockage de 3 mois, on a observé une hygiénisation partielle de la boue représentée par les réductions de flore du tableau 4.

Le procédé permet un gain de siccité de 2 à 6 points.

### 3.1.3 Stabilisation aérobie thermophile

La stabilisation aérobie thermophile (SAT) répond soit à une fonction de stabilisation proprement dite, soit à une fonction de prédigestion et d'hygiénisation en amont d'un digesteur anaérobie (sans oxygène). Dans tous les cas, elle se place en aval de l'étape d'épassement.

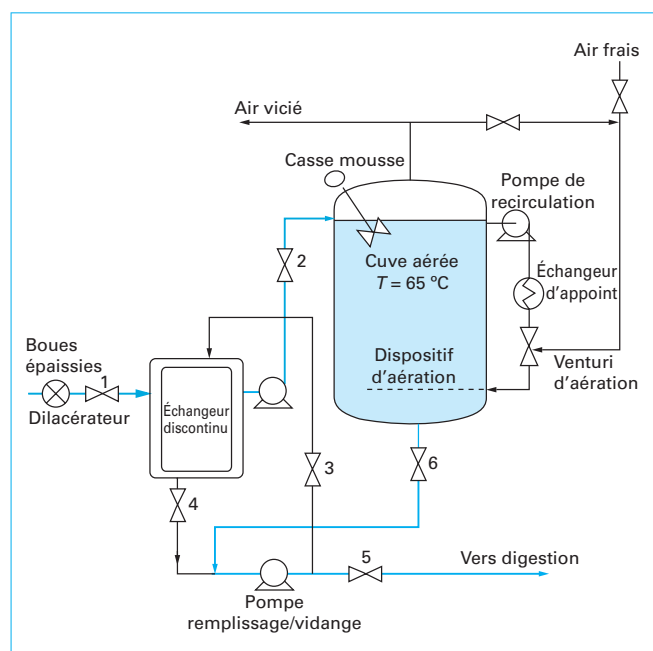


Figure 5 – Principe de fonctionnement du stabilisateur aérobie thermophile (SAT) en prédigestion

Tableau 5 – Exemple de réduction des germes pathogènes par stabilisation aérobie thermophile

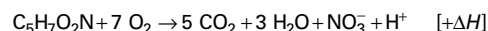
Type de micro-organismes	Stabilisation 6 jours à 55 °C		
	entrée (germes/mL)	sortie (germes/mL)	réduction (décimale Z)
Entérobactéries	$6,4 \cdot 10^6$	440	$10^{-4,2}$
Streptocoques fécaux	$0,4 \cdot 10^6$	230	$10^{-3,4}$
Total coliformes	$370 \cdot 10^6$	$31 \cdot 10^6$	$10^{-1,1}$

- En fonction **stabilisation stricto sensu**, c'est une alternative à la digestion anaérobie mésophile (température comprise entre 30 et 40 °C). En terme de performances (réduction des matières volatiles, valeur agronomique...), et surtout de coûts opératoires (électricité), elle est moins intéressante que la digestion mais, grâce aux faibles temps de séjour, les coûts d'investissement sont moindres, ce qui peut rendre cette solution attractive pour les petites stations. Dans ce cas, la boue peut être directement épandue, sans déshydratation.

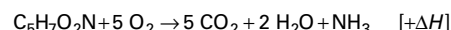
- En fonction **prédigestion**, elle présente toutefois un intérêt lorsqu'une hygiénisation/pasteurisation des boues est demandée. Aussi, la prédigestion peut permettre de réduire le temps de séjour ou d'améliorer la digestion proprement dite, et peut donc être également envisagée dans certaines réhabilitations.

Il s'agit d'une oxydation biologique effectuée par injection d'air dans une cuve agitée (figure 5). Le principe n'est donc pas fondamentalement différent de celui rencontré dans les boues activées, aux concentrations et à la température près. Au-dessus de 40 °C toutefois, la flore impliquée n'est plus la même, les bactéries nitrifiantes en particulier ne peuvent opérer en condition thermophile, ce qui modifie le bilan en oxygène. On peut écrire ainsi les stœchiométries suivantes selon les conditions de température :

– dans des conditions **mésophiles** ou psychrophiles (< 40 °C), la nitrification, entraînant une acidification, peut avoir lieu, si le temps de séjour le permet :



– dans des conditions **thermophiles** (entre 40-45 et 65 °C), on retiendra la stœchiométrie suivante :



Environ **1,4 à 1,5 kg d'oxygène** est donc théoriquement requis par kilogramme de matière dégradée.

L'oxydation est incomplète puisque l'azote demeure sous une forme réduite. Dans ces conditions, l'enthalpie de la réaction  $\Delta H$  peut être comprise entre 4 000 et 5 000 kcal/kgMV dégradé, soit environ 3 000 à 3 200 kcal/kg d'O<sub>2</sub> transféré.

**Nota :** matières volatiles (MV).

La fonction d'hygiénisation/pasteurisation des boues est obtenue en assurant à la masse de boue à traiter un traitement d'au moins 30 minutes à 65 °C (ou 20 minutes à 70 °C ; mais le taux de croissance de la flore thermophile est optimal à 65 °C, puis nul au-delà de 70 °C). La cuve d'aération étant proche du type parfaitement agité, une alimentation et un soutirage en continu occasionneraient un *by-pass* d'une partie de la boue fraîche. Aussi procède-t-on à une alimentation et à un soutirage discontinu de l'ouvrage via un échangeur boues/boues.

■ **Le réactif de Fenton**, solution de chlorure ferrique et de peroxyde d'hydrogène peut être utilisé en stabilisation aérobie thermophile. De nombreuses odeurs sont neutralisées ainsi qu'une partie plus importante de la flore.

L'indice d'odeur, après 2 jours à 50-55 °C, est ainsi réduit de 80 à 98 %, en considérant un taux de traitement de 10 kg/tMS.

En termes de nuisances olfactives, les conditions précédentes permettent donc de produire une boue partiellement stabilisée, c'est-à-dire à nuisance réduite, même si la dégradation des MV est inférieure à ce qu'elle est après 5 à 6 jours.

L'abattement des germes pathogènes dépend, pour chaque groupe considéré, du temps de séjour et de la température (tableau 5).

## 3.2 Procédé de réduction des boues

### ■ Procédé Biothelys® (OTV)

Le procédé Biothelys (figures 6 et 7) est un procédé de traitement des boues d'épuration, d'origine municipale ou industrielle, visant à réduire la quantité de boues à évacuer. Il consiste en une **hydrolyse thermique** de boues déshydratées (à environ 16 % de siccité), suivie d'une **digestion anaérobie mésophile** appelée « turbo-digestion ». L'étape d'hydrolyse thermique, réalisée en milieu liquide à une température de 150-165 °C et sous pression de vapeur saturante (8 à 9 bar), permet de fluidiser les boues et d'améliorer leur biodégradabilité. Les boues hydrolysées sont ensuite envoyées vers le turbo-digester à faible temps de séjour (moins de 15 jours), à forte charge massique, et de ce fait avec un dimensionnement très avantageux. Le procédé Biothelys permet ainsi de réduire significativement la quantité de boues à évacuer tout en améliorant leur qualité (boues stabilisées sans chaux et hygiénisées) et en produisant de l'énergie verte via le biogaz du digester.

### ■ Procédés Biolysis® (Degrémont)

Le **procédé Biolysis® O** est un procédé de réduction des boues impliquant de l'ozone dans un réacteur alimenté par une proportion de boues activées prélevée dans le bassin biologique. La liqueur mixte ozonée est ensuite recyclée dans le bassin biologique (figure 8). L'effet de l'ozone est de stresser le matériel cellulaire de la biomasse, détruisant ainsi une partie de la masse bactérienne et inhibant la reproduction biologique de la seconde partie.



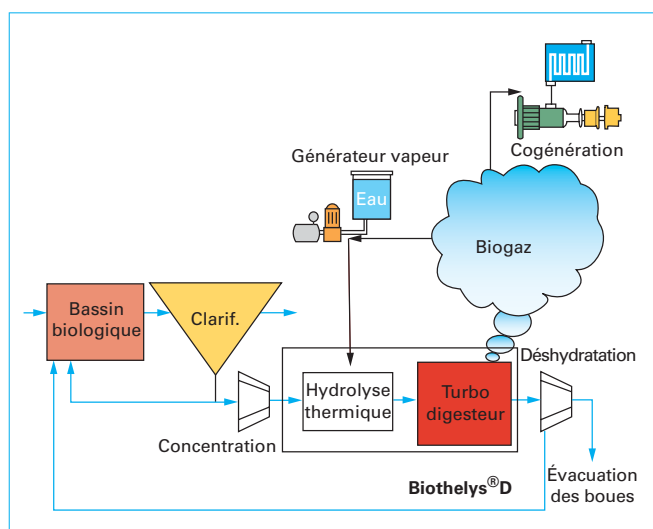


Figure 6 – Principe de fonctionnement du procédé Biothelys

Le procédé **Biolysis® E** consiste à prélever une partie de la masse biologique du bassin de boues actives, qui est alors épaissie puis envoyée dans un réacteur enzymatique thermophile (50 à 60 °C). Les enzymes sont relarguées par les bactéries, ce qui inhibe alors toute reproduction ou croissance. La boue chauffée et dégradée traverse un échangeur thermique (récupération d'énergie) puis est recirculée vers le bassin biologique. Aucune source extérieure enzymatique n'est ajoutée dans la filière de traitement des boues.

#### ■ Procédé INOS® (OTV)

Le procédé **INOS®** (figure 9) est une technologie combinant en une seule étape la déshydratation par filtre-pressé et le séchage



Figure 7 – Réacteur du procédé Biothelys

thermique des boues. Son cycle de fonctionnement débute par une phase de filtration qui transforme les boues en gâteau sous l'effet d'une compression mécanique entre les plateaux du filtre-pressé. Puis la mise sous vide des chambres de filtration combinée à une recirculation d'eau chaude (85 °C) permet le séchage des gâteaux à basse température.

La siccité finale de 30 à 90 % est choisie suivant les conditions de fonctionnement.

## 3.3 Déshydratation des boues

### 3.3.1 Déshydratation mécanique et naturelle

La déshydratation est une étape du traitement des boues faisant passer les boues de l'état liquide à un état physique tel que celles-ci soient au moins pelletables.

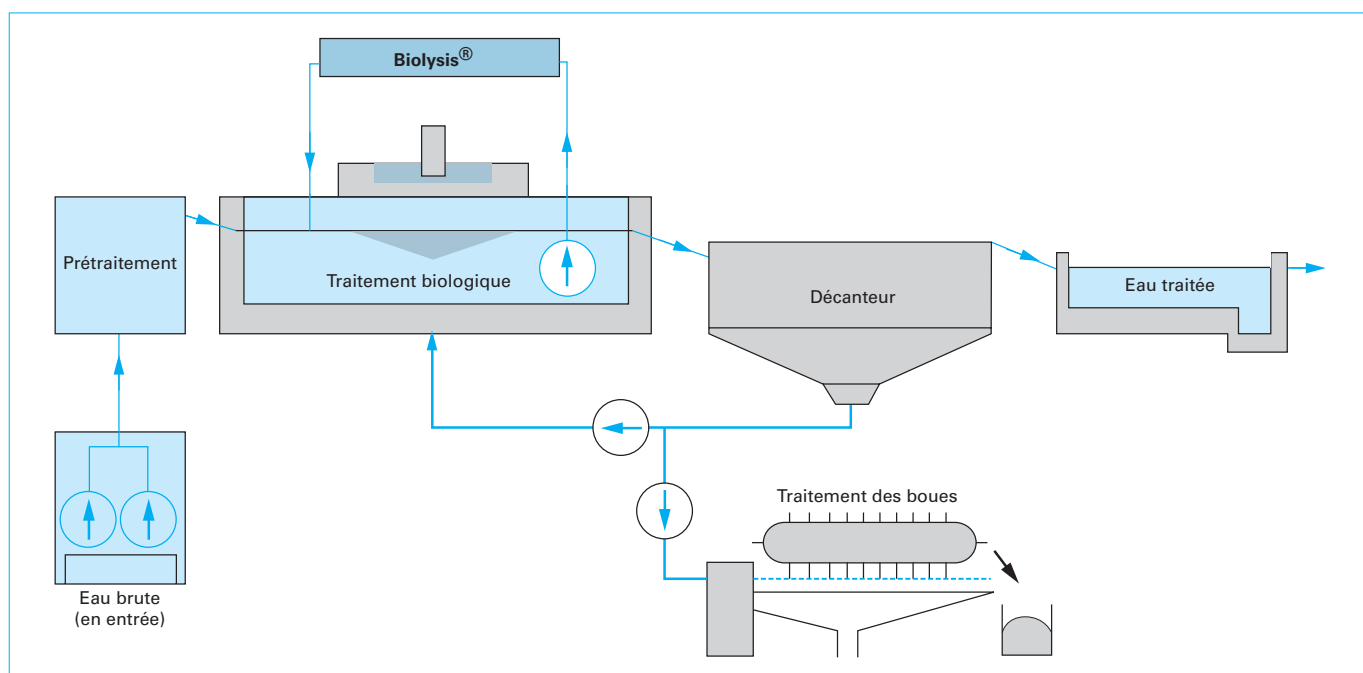


Figure 8 – Principe de fonctionnement du procédé Biolysis®

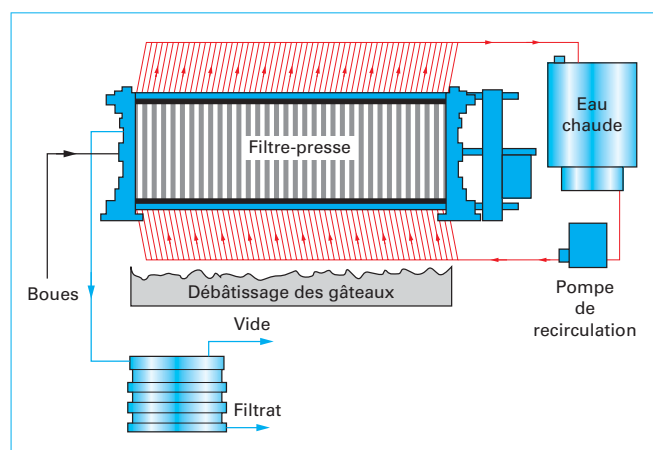


Figure 9 – Principe de fonctionnement du procédé INOS® (OTV)

Les boues en entrée sont à l'état liquide, ce qui signifie qu'elles peuvent être prises soit en sortie de décanteurs, soit après une première étape d'épaississement (cas le plus fréquent).

La déshydratation peut être effectuée par différents moyens, résumés dans le tableau 6.

Les critères de choix d'une technologie sont liés aux objectifs de traitement, à la valorisation des boues, au terrain, à l'environnement, aux contraintes de coûts, de main d'œuvre, etc. (tableau 7).

### 3.3.1.1 Filtres à plateaux

Le filtre à plateaux (figure 10), encore appelé « filtre-presse à plateaux », permet la déshydratation de tout type de boues (urbaines, d'eau potable, industrielles) préalablement épaissies.

En eaux usées, les filières de traitement d'eau actuellement mises en place le destine surtout à la déshydratation des boues biologiques en eaux brutes (faibles charges et aération prolongée) ou aux boues digérées.

Tableau 6 – Procédés de déshydratation des boues

Procédé	Type	Conditionnement	Boue entrée
Décanteuse centrifuge	mécanique	polymère	épaissie, parfois brute
Filtre à bandes	mécanique	polymère, parfois chaux, voire sciure	épaissie
Filtre à plateaux	mécanique	minéral (chaux + coagulant) ou polymère	généralement épaissie
Vis presseuse	mécanique	polymère	épaissie
Lit de séchage	naturelle	aucun, parfois polymère	épaissie, parfois brute
Lagune de séchage	naturelle	aucun, parfois polymère	épaissie, parfois brute
Lit de roseaux	naturelle	aucun	brute
Déshydratation solaire	solaire	aucun	épaissie

Il est à mettre en concurrence avec les autres techniques de déshydratation mécanique que sont le filtre à bandes et la décanteuse centrifuge.

### 3.3.1.2 Filtres à plateaux membranes (figure 11)

C'est un perfectionnement du filtre-presse. Il permet une mise en pression terminale (en fin de cycle) au moyen d'eau ou d'air sous pression injecté dans une poche en membrane caoutchoutée (élastomère) afin d'éviter l'effet négatif du débit de fuite sur les floes en fin de montée en pression. Cette disposition autorise un **gain de siccité** de l'ordre de **4 à 6 points** par rapport au filtre à plateaux conventionnel ou un accroissement de la productivité d'environ 40 % par raccourcissement du temps de filtration.

Tableau 7 – Critères de choix

Critères	Procédés					
	Centrifugation	Filtre à bandes	Filtre à plateaux	Lit de séchage	Lagune	Lit de roseaux
Siccité élevée	++	+	+++	+	+	+
Boue structurée	–	+++	+++	±	–	++
Odeurs	+++	+	+	–	–	+
Bruit	+	++	++	+++	+++	+++
Main d'œuvre	+++	+	+	+++	+++	+
Compacité	+++	++	+	–	–	+
Investissement	+	++	+	++	+++	+
Consommables	+	+	++	+++	+++	+++
Fiabilité	++	++	++	+++	+++	++
Aléas climatiques	+++	+++	+++	–	–	–
+++ : très favorable      ++ : favorable      + : neutre      – : défavorable						





**Figure 10 – Atelier de filtration à plateaux**  
(Welders Filtration Technology)



**Figure 11 – Filtre à plateaux membranes**  
(Welders Filtration Technology)

### ■ Types de conditionnement

- conditionnement minéral à base de chaux et d'un coagulant (chlorure ou sulfate ferrique) permettant d'atteindre des siccités très élevées et une stabilisation chimique de la boue. La dévolution type est alors l'épandage agricole, voire la décharge de classe II ;
- conditionnement organique au polymère, après ajout éventuel d'un coagulant. Ce conditionnement est à retenir impérativement en cas d'incinération, mais il n'interdit pas pour autant la dévolution agricole, si celle-ci n'impose pas un chaulage pour des raisons de stabilisation et de texture ;
- conditionnement thermique, utilisé sur de grosses installations en boues digérées. Il permet de dépasser 50 % de siccité.

#### 3.3.1.3 Lits de séchage

C'est une technique applicable à des boues d'aération prolongée ou digérées (figure 12). Sous nos latitudes, nous comptons en première approche :

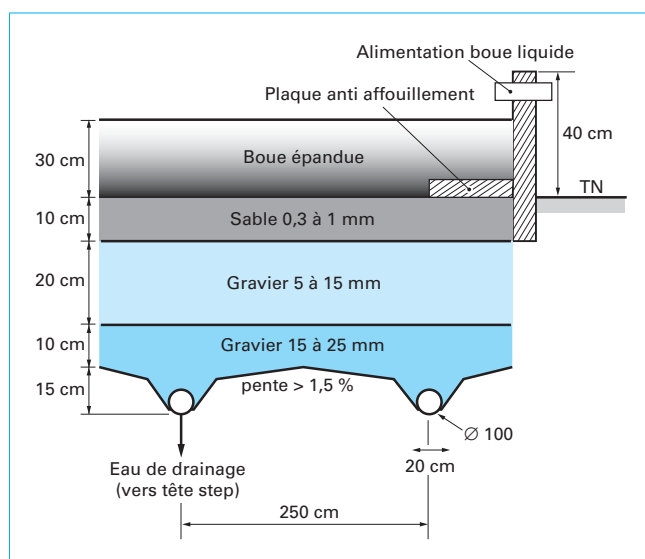
boues d'aération prolongée	5 à 10 m <sup>2</sup> /habitant
boues digérées primaires	10 à 15 m <sup>2</sup> /habitant
boues digérées mixtes	7 à 10 m <sup>2</sup> /habitant

### ■ Structure d'une aire de séchage

- cellules de 8 × 20 m environ : bicouche sable + gravillons. Au moins 4 cellules sont à prévoir afin de fonctionner en 2 phases de remplissage/séchage :



**Figure 12 – Lit de séchage**



**Figure 13 – Coupe d'un lit de séchage (exemple)**

- sable (à renouveler) : granulométrie de 0,3 à 1 mm ; 5 à 10 cm de hauteur ;
- graviers : granulométrie de 5 à 25 mm ; 30 à 40 cm de hauteur ;
- drains : en plastique ou en brique, de diamètre > 80 mm et espacés de 2,5 m.
- pente ≥ 1,5 %.

La figure 13 donne un exemple d'implantation à ajuster en fonction des conditions géophysiques (résistance à l'écrasement des engins de manutention...).

Le dimensionnement doit prendre en compte :

- le climat : le bilan hydrique, égal à la différence entre l'évaporation naturelle d'un plan d'eau et les précipitations calculées sur l'année ;
- la siccité des boues en entrée : plus celle-ci est élevée, meilleures sont les performances (tableau 8).

#### 3.3.1.4 Lagunes de séchage

Le principe n'est pas fondamentalement différent du lit de séchage, sauf qu'il n'y a pas d'étape de percolation. En revanche, compte tenu des temps de séjour très importants, il est intéressant d'évacuer par surverse la phase clarifiée, notamment si les boues n'ont pas subi d'étape préalable d'épaississement. En outre, la

**Tableau 8 – Critères de dimensionnement des lits de séchage**

Climat	Durée d'un cycle (semaine)	Bilan hydrique annuel (mm)	Siccité initiale (%)	Siccité obtenue (%)	Charge appliquée (kgDS/m <sup>2</sup> /an)
Océanique	8 à 10	300 à 800	3 à 4	12 à 15	25
Continental	8 à 10	800 à 1 500	3 à 4	20 à 25	50
Méditerranéen	8 à 10	1 500 à 2 000	3 à 4	30 à 40	80
Aride	8 à 10	2 000 à 2 500	3 à 4	50 à 55	160
Tropical humide	1 à 3	< 0	3 à 4	20 à 25	60

**Figure 14 – Lagune de séchage**

profondeur de la boue est 3 à 4 fois plus importante et la boue séjourne **de 1 à 3 ans** dans la lagune avant curage (figure 14). La profondeur de boues en début de cycle est de **0,7 à 1,4 m** ; la reprise des eaux claires est effectuée par goulotte perforée.

Le dimensionnement est basé sur les paramètres suivants :

- bilan hydrique annuel précipitation/évaporation ;
- qualité du sol, afin de ne pas contaminer la nappe ;
- qualité de la boue : préférentiellement digérée ;
- charges : en première approximation, **35 à 40 kgDS/m<sup>2</sup>/an**.

### 3.3.1.5 Lits plantés de roseaux

Les boues sont prélevées directement du bassin d'aération et sont envoyées sur un ouvrage planté de roseaux (cf. tableau 9).

#### Dimensionnement :

- charge appliquée : 50 kgDS/m<sup>2</sup>/an (4 PE/m<sup>2</sup>) ;
- cycle de 28 jours : 7 jours d'alimentation et 21 jours de repos avec 4 bassins ;
- siccité obtenue sur cycle de 4 semaines : 10 à 15 % en hiver et 15 à 20 % en été pour un climat ouest européen.

**Nota** : PE : population équivalent (par habitant).

■ **Le Procédé Rhizophyte® (SAUR)** est un procédé de traitement des boues issues des stations d'épuration à boue activée. Il est basé sur le principe d'une déshydratation sur lits de séchage plantés de macrophytes (roseaux).

Ces derniers appartiennent à la famille des plantes à rhizomes. Ils constituent un véritable réseau de drainage de l'eau, laquelle s'égoutte ainsi plus rapidement et plus complètement des boues.

Celles-ci se concentrent mieux une fois égouttées et se minéralisent progressivement dans le temps grâce à la double action de l'air (maintien de conditions aérobies) et des bactéries (forte densité au voisinage des racines).

L'alimentation des lits en boues fraîches se fait directement par pompage du bassin d'aération de la station d'épuration selon une fréquence adaptée.

Les rhizomes progressent dans la boue au fur et à mesure que son niveau s'élève (figure 15).

Pour le bon fonctionnement des lits, des cycles alternant des périodes d'alimentation et de repos sont pratiqués. Le dimensionnement des ouvrages est calculé sur la charge limitante hivernale.

**Tableau 9 – Compositions possibles des matériaux d'un lit planté de roseaux**

Couches d'un lit planté de roseaux	Solution « économique »	Solution intermédiaire	Solution techniquement optimale
Couche supérieure	sable fin + terreau sur 10 cm	sable fin + terreau sur 10 cm	sable fin + terreau sur 10 cm
Couche intermédiaire	gravillons 3/6 ou 6/10 sur 15 à 20 cm	gravillons 6/10 sur 10 cm	gravillons 6/10 sur 10 cm
Géogrille			
Couche de fond	gravier 20/40 épaisseur 0,15 m dans lequel sont noyés les drains de récupération de percolats	Hourdis béton, épaisseur 12 cm espacés de 3 cm	Caillebotis béton à fentes de 2 cm posés sur plots, épaisseur 15 cm
Commentaire	peu favorable à l'oxygénation du fond		Solution recommandée par MSE. Très bonne aération



Figure 15 – Procédé Rhizophyte®



Figure 16 – Boues après déshydratation solaire

Les roseaux dont la partie aérienne se développe du printemps à l'automne restent en place l'hiver pendant lequel les racines conservent une activité suffisante. Le procédé a été éprouvé pendant plusieurs années sur différents sites.

### 3.3.1.6 Déshydratation par séchage solaire

Sous l'effet du rayonnement solaire et grâce à un système automatisé de retournement des boues, l'eau est évaporée puis évacuée de la serre par un fort courant d'air.

L'étape de fermentation, favorisée par le retournement régulier des boues, accélère le processus d'évaporation grâce à l'énergie dégagée par la réaction d'oxydation de la matière organique présente dans les boues (figure 16).

À leur arrivée dans la serre, les boues déshydratées sont disposées sous forme d'andains qui sont retournés périodiquement afin de renouveler la surface d'échange et de les aérer.

Pour une surface de serre équivalente, la forme en andains triangulaires offre une surface d'échange plus importante que dans le cas d'un lit de boues, d'où un séchage plus rapide. Elle permet, en outre, le stockage d'une quantité de boues plus importante.

Les réactions qui se déroulent pendant la fermentation sont exothermiques. On observe une montée en température importante (50 à 60 °C) qui permet d'hygiéniser les boues tout en les séchant.

■ **Le procédé Solia® (OTV)** utilise l'énergie solaire pour le séchage et l'hygiénisation des boues d'épuration. Son système de retournement automatisé Soliamix® favorise l'étape de fermentation et accélère l'évaporation (figure 17). La qualité des boues récupérées répond aux exigences européennes.

■ **Le procédé Héliantis® (Degremont)** assure un séchage solaire des boues d'épuration jusqu'à une siccité ajustable entre 45 % et 80 % en fonction des besoins (figure 18).

D'autres procédés comme Ecodyr (Thermosystem) et KULT SRT (Huber Technology) sont proposés sur le marché et se distinguent par leur mode de retournement de la boue et du traitement de l'air. Seul le procédé KULT SRT propose une pompe à chaleur



Figure 17 – Procédé Solia®



Figure 18 – Procédé Héliantis®

comme source d'énergie. La source chaude est l'effluent de la station d'épuration.

## 3.3.2 Déshydratation thermique

### ■ Le séchage thermique

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée. Cette opération vient obligatoirement après une étape de déshydratation.

Actuellement, les deux applications suivantes peuvent être retenues, selon la siccité visée en sortie en deçà ou au-delà de l'état pâteux collant de la boue, compris grossièrement entre 50 et 60 % de siccité :

– **le séchage partiel** destiné à remonter la siccité de la boue à une valeur acceptable en vue de son autocombustibilité dans un incinérateur à boue du type Pyrofluid, soit couramment 35 % environ (45 % maximum) ;

– **le séchage poussé** à une siccité généralement supérieure à 90 %, ou au moins à 65 %, afin de stocker puis d'évacuer de la boue sous un volume minimum en vue de son utilisation agricole ou de son incinération déportée dans un four à ordures ménagères, voire un four à ciment (la cendre issue de la boue sèche joue alors le rôle d'un *filler*).

La dévolution agricole nécessite une siccité supérieure à 90 % afin de disposer d'une boue non fermentescible et stockable en silo hors des périodes d'épandage. Pour des raisons de manutention, cette boue sèche doit en outre être présentée sous forme de granulés cylindriques ou sphériques.

L'introduction d'une boue sèche dans un four à ordures ménagères peut se faire soit dans la fosse, soit dans la trémie. Dans ce dernier cas, une siccité de 65 %, proche de celle des ordures ménagères, est optimale.





Figure 19 – Sécheur thermique basse température Bioco®

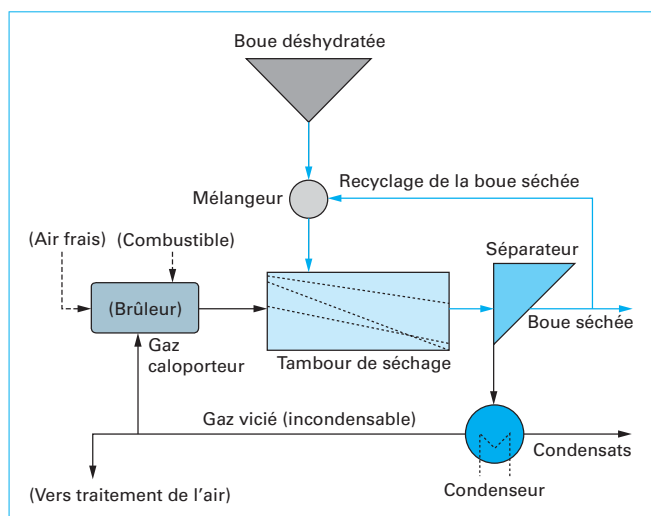


Figure 20 – Principe d'un sécheur direct

Le phénomène d'évaporation procède en deux étapes successives :

- un premier régime dit « superficiel », concernant l'eau libre uniquement, pendant lequel la boue présente une surface mouillée. Vis-à-vis de la phase gazeuse, cette surface se comporte comme un plan d'eau et demeure donc à la température de bulbe humide de l'air de séchage ;
- un deuxième régime en fin de séchage pendant lequel l'eau de la boue doit migrer des profondeurs ou des cavités internes des boues vers la surface de contact. La vitesse d'évaporation est alors limitée par la vitesse de migration. Localement, la température peut s'élever et conduire à un début de combustion sèche de la boue.

Concrètement, la chaleur fournie peut être transmise de deux manières :

- via un fluide gazeux caloporteur en contact avec la boue, soit de l'air ou un mélange d'air et de fumées de combustion. On parle alors de **séchage direct**, ou encore de séchage à flux mélangé ;
- par conduction à travers une paroi chauffée en contact avec la boue. Il s'agit alors de **séchage indirect**, ou encore de séchage à flux séparé. La paroi est chauffée soit électriquement, soit par un fluide caloporteur, vapeur ou liquide thermique (eau pressurisée, huile...). Une ventilation d'air dans le sécheur est toutefois nécessaire pour permettre de maintenir le gradient de pressions partielles  $\Delta P$  à une valeur satisfaisante.

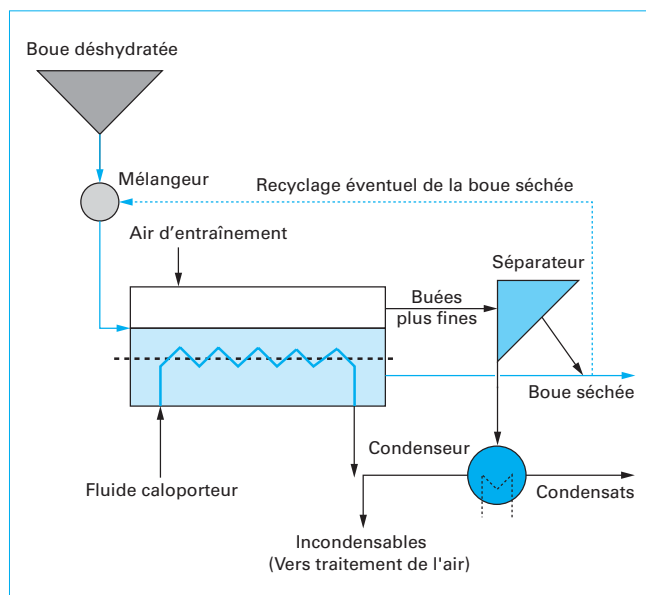


Figure 21 – Principe d'un sécheur indirect

### ■ Sécheurs directs

La boue à sécher est entraînée dans un courant de gaz chaud (figures 19 et 20). La boue se déplace dans un tambour rotatif principalement à l'état fluidisé, ou du moins finement divisé. Aussi est-il nécessaire d'introduire la boue dans le tambour sous une forme déjà divisée, ce qui nécessite de recycler une partie de la boue séchée. Corrélativement, cette boue ne peut sortir que dans un état de siccité poussé (séchage poussé), un degré moindre de séchage étant obtenu par remélange avec de la boue déshydratée.

Le gaz caloporteur est généralement constitué de fumées de combustion provenant d'un brûleur installé immédiatement en amont du tambour. Une partie du gaz vicié est remélange à ces fumées afin d'améliorer le bilan thermique et de limiter le flux de composés malodorants à traiter. Il est également possible de passer de l'air sur un échangeur, notamment si on désire minimiser la formation de  $\text{NO}_x$ , moyennant une surconsommation de + 10 %.

### ■ Sécheurs indirects

Ces sécheurs comportent classiquement un stator constitué d'un fût cylindrique, fixe et horizontal, muni de racleurs et un rotor comportant des palettes agitratrices. Le fluide caloporteur circule généralement dans l'arbre du rotor et éventuellement dans une double enveloppe du stator.

Les conditions de fonctionnement d'un sécheur indirect sont *a priori* moins favorables que dans le cas précédent. En effet, la boue arrive en masse dans le sécheur et la phase gazeuse est à faible température et peu vélocité. La présence des racleurs et des palettes permet de faire avancer la boue et de la retourner afin de maintenir le régime superficiel d'évaporation et d'améliorer ainsi le transfert, la boue présentant en permanence une surface humide. En outre, un ventilateur de tirage entraîne les buées dégagées vers leur traitement. Des ouïes d'aération permettent l'entrée d'une petite quantité d'air (figure 21).

Le fluide caloporteur peut être de la vapeur ou un liquide thermique. En cas de couplage avec un four Pyrofluid, il est avantageux d'utiliser de l'eau pressurisée récupérant les calories des fumées au niveau de l'économiseur. Ceci permet l'économie d'une chaudière mais le coefficient global d'échange dans le sécheur étant un peu moins bon que dans le cas de l'utilisation de vapeur, la taille du sécheur doit être un peu plus importante.

**Tableau 10 – Critères de choix d’une technologie**

Critère	Sécheurs directs	Sécheurs indirects
Rendement énergétique	≈ 650 à 1000 kcal/kg d’eau	≈ 650 à 1000 kcal/kg d’eau
Abrasion	faible	moyenne à importante
Traitement des odeurs	volumes importants à traiter	volumes faibles à traiter
Granulation	intégrée	granuleuse à rajouter
Sécurité	risque de déflagration	risque d’incendie
Maintenance préventive et main d’œuvre	nécessaire	nécessaire
Coûts d’investissement	plus avantageux pour des grandes capacités	plus avantageux pour des petites capacités
Hygiénisation	très bonne	risques de courts-circuits

Les critères de choix d’une technologie sont étudiés à partir de nombreux paramètres dont quelques-uns sont présentés sur le tableau 10.

### 3.4 Oxydation par voie humide (OVH)

L’oxydation par voie humide (OVH) est une technologie de traitement des boues d’épuration, d’origine municipale ou industrielle, permettant l’évacuation d’un résidu minéral inerte (moins de 5 % de carbone organique total) en lieu et place des boues produites par la station d’épuration. Ce procédé consiste en une **oxydation** (par injection d’oxygène) en **milieu aqueux** (sous 50-55 bar) et sous **température** (environ 250 °C) de boues épaissies (40 à 80 g MS/L) (figures 22, 23 et 24). Ce milieu hautement réactionnel favorise l’oxydation de la matière organique contenue dans les boues en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O et CO gazeux et en composés aqueux facilement biodé-

gradables (acide acétique, NH<sub>4</sub>). Aucun apport énergétique n’est nécessaire puisque le système est autothermique. Le résidu produit, appelé « technosable », et très facilement déshydratable par filtre-pressé (siccité supérieure à 60 %) et valorisable, notamment en soubassements routiers.

Cette technologie s’adapte bien aux boues urbaines flottées, égouttées ou filtrées dont la charge organique est de l’ordre de 40 à 80 g/L et la teneur en matière sèche de l’ordre de 5 %. En pratique, on évapore seulement 10 à 20 % de l’eau, d’où un bilan énergétique beaucoup plus favorable que l’incinération ou le séchage. De plus, le volume des gaz à traiter est beaucoup plus faible (procédé confiné).

Divers procédés d’oxydation par voie humide existent ; quatre d’entre eux sont définis dans le tableau 11.

### 3.5 Compostage des boues

Le compost est défini comme un amendement organique comprenant des combinaisons carbonées d’origine végétale, ce qui exclut selon cette définition un « autocompost » de boues seules.

Le compostage des boues (figure 25) ou d’autres déchets organiques de siccité voisine se fait uniquement par voie aérobie et comporte, conformément à la législation, une phase thermophile détruisant les germes pathogènes et évaporant une grande quantité d’eau. C’est donc un procédé assurant à la fois la stabilisation et l’hygiénisation de la boue, mais également le séchage. Le compost mature et affiné obtenu est, en outre, un produit valorisable.

**Tout type de boue** peut être utilisé, en particulier les boues d’aération prolongée, mais il est évident qu’il trouvera une application de choix en la présence de boues mal stabilisées, peu aptes à un épandage direct. À l’inverse, il est peu intéressant de composter des boues digérées, dont la biodégradabilité est moindre et la teneur en azote réduite. De même, le chaulage des boues avant compostage est déconseillé, du moins aux taux retenus pour la stabilisation (> 30 % CAO/MS). En effet, cette opération entraîne une carence en azote par dégagement d’ammoniac, et provoque éventuellement une élévation du pH qui peut être inhibitrice.

La **siccité** de la boue déshydratée sera comprise **préférentiellement entre 15 et 30 %**. À noter que la décomposition de substances organiques à température élevée est toutefois susceptible de générer des nuisances olfactives.

**Tableau 11 – Comparaison de divers procédés d’oxydation par voie humide**

Procédé	Température (°C)	Pression (bar)	Temps de rétention (min)	Applications	Catalyseur	Réacteur
<b>ATHOS</b> (OTV)	250	54	60	municipale	Cu <sup>2+</sup>	colonne
<b>GRANIT</b> (Granit Technology)	250 à 320	100	35 à 40	industrielle municipale	non	colonne
<b>ZIMPRO</b> (US Filter)	280 à 325	200	30 à 280	industrielle municipale	non	colonne
<b>WETOX</b>	250	40	–	–	non	cuve
<b>VER TECH</b> (Apeldoorn)	175 à 280	100	–	industrielle municipale	non	–
<b>LOPROX</b> (Bertram)	150 à 200	20	60	industrielle	Fe <sup>3+</sup>	colonne
<b>MINERALIS</b> (Degrémont)	240	100	60	municipale	oui	colonne

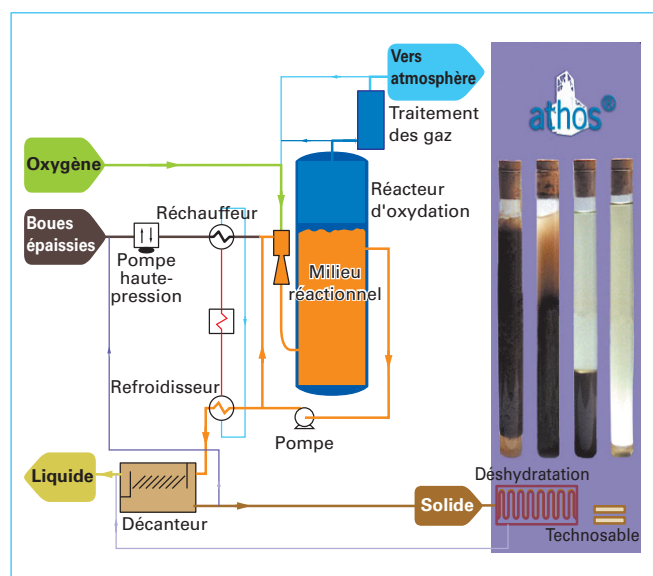


Figure 22 – Principe du procédé ATHOS®

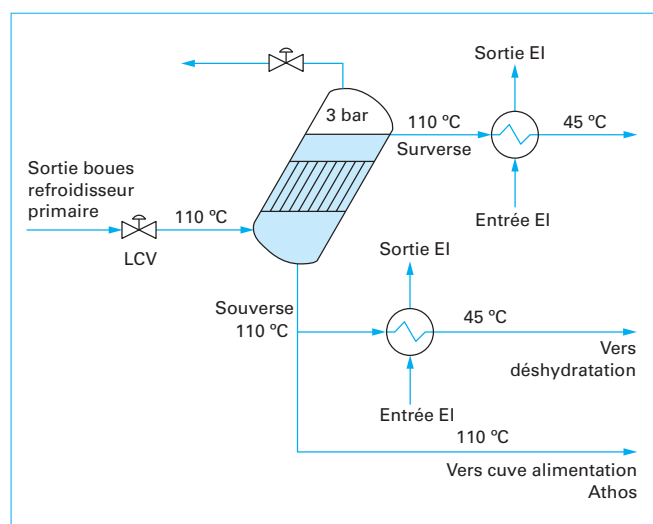


Figure 23 – Bilan des températures sur le procédé ATHOS® (OTV)

Quelle que soit la technologie retenue, le compostage des boues comporte :

- une phase de mélange de la boue pâteuse avec un coproduit dans une proportion telle que la bioréaction puisse démarrer ;
- une **phase de dégradation aérobie rapide** par ventilation ;



Figure 24 – Évolution de la qualité de la boue traitée



Figure 25 – Compostage des boues

- une phase de maturation lente ;
- une phase d'affinage du produit fini.

Le principe de base consiste à aérer un mélange préalablement constitué de boues fraîches, d'un coproduit et éventuellement de compost recyclé, puis à laisser évoluer le compost pendant plusieurs semaines. Le coproduit lui-même peut être en partie issu d'un recyclage interne par criblage sur trommel. Une aire de stockage de la boue en amont est généralement à prévoir. En effet, le compostage est un procédé fonctionnant en discontinu qui requiert de la main d'œuvre pour les différentes opérations de mélange et de convoyage.

Le produit obtenu est séché, stabilisé et hygiénisé (par la température, la consommation des éléments nutritifs et la production d'antibiotique par la flore fongique), répondant ainsi aux exigences les plus actuelles en matière de traitement de boues.

L'image du compost est celui d'un produit rural puisque le procédé est du type agricole, et non pas industriel. De ce fait, les nuisances sont essentiellement limitées aux nuisances sonores des machines agricoles utilisées.

Une unité bien dimensionnée est susceptible de traiter des boues et des coproduits de différentes origines, ce qui en fait un procédé polyvalent et adaptable. Enfin, la consommation énergétique est très faible.