

titre de comparaison, un épaisseur alimenté en boues primaires permet d'atteindre des concentrations de 100 à 150 g/l (qui ne vont

d'ailleurs pas sans quelques difficultés d'extraction, les boues pouvant colmater le fond de l'épaisseur ou les tuyaux d'évacuation).

Avantages - Inconvénients

Avantages	Inconvénients
Facilite grandement les autres phases du traitement des boues Faibles coûts d'installation et d'exploitation	Concentrations obtenues parfois faibles sur des boues d'aération prolongée

Variante

— Les épaisseurs peuvent être situés à divers niveaux et, par exemple, avant la phase de digestion anaérobie. Ils peuvent améliorer globalement la situation, recevant les extractions de boues secondaires avant mélange avec les boues primaires en vue du traitement ultérieur.

— Dans les installations de taille plus importante, les conditions économiques actuelles permettent de recourir aux épaisseurs hersés (fig. 9). Une herse, éventuellement complé-

tée de racleurs ramenant les boues au centre vers l'orifice d'évacuation, animée d'un lent mouvement de rotation, améliore la concentration obtenue en ménageant des chemins d'évacuation de l'eau au sein de la boue. La consommation électrique d'un tel système est négligeable.

— Si la concentration est suivie d'une déshydratation, une adjonction de flocculant peut améliorer les performances de l'épaisseur.

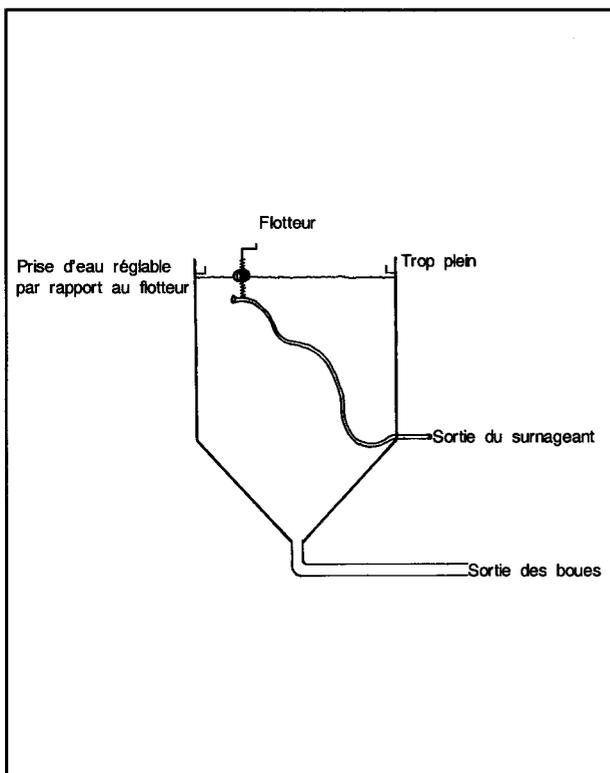


Figure 8 : Épaisseur statique.

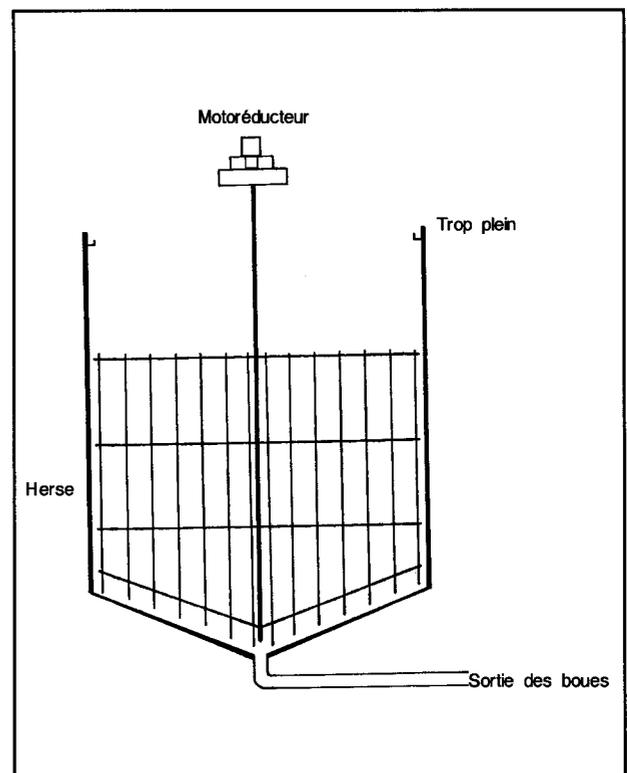


Figure 9 : Épaisseur hersé.

Principe

Il s'agit de modifier la densité apparente des particules de boues en les faisant s'adsorber sur des microbulles d'air de manière à ce qu'elles flottent. Ces microbulles d'air sont produites par détente d'une partie des eaux soutirées et recyclées, préalablement sursaturées sous pression (flottation indirecte) ou par détente de l'ensemble de boues (flottation directe)..

Cette technique, peu usitée, paraît connaître un certain avenir, même en petite station d'épu-

ration, malgré ses contraintes, du fait de sa plus grande efficacité sur des boues difficiles à concentrer et surtout sur des stations à déphosphatation biologique. En effet, dans ce cas, le phosphore qu'on a fait piéger par les bactéries est relargué lorsque les boues entrent en anaérobiose. Une séparation rapide de l'eau interstitielle est donc nécessaire si l'on ne veut pas perdre tout le bénéfice du traitement par retour en tête du phosphore relargué.

Conception

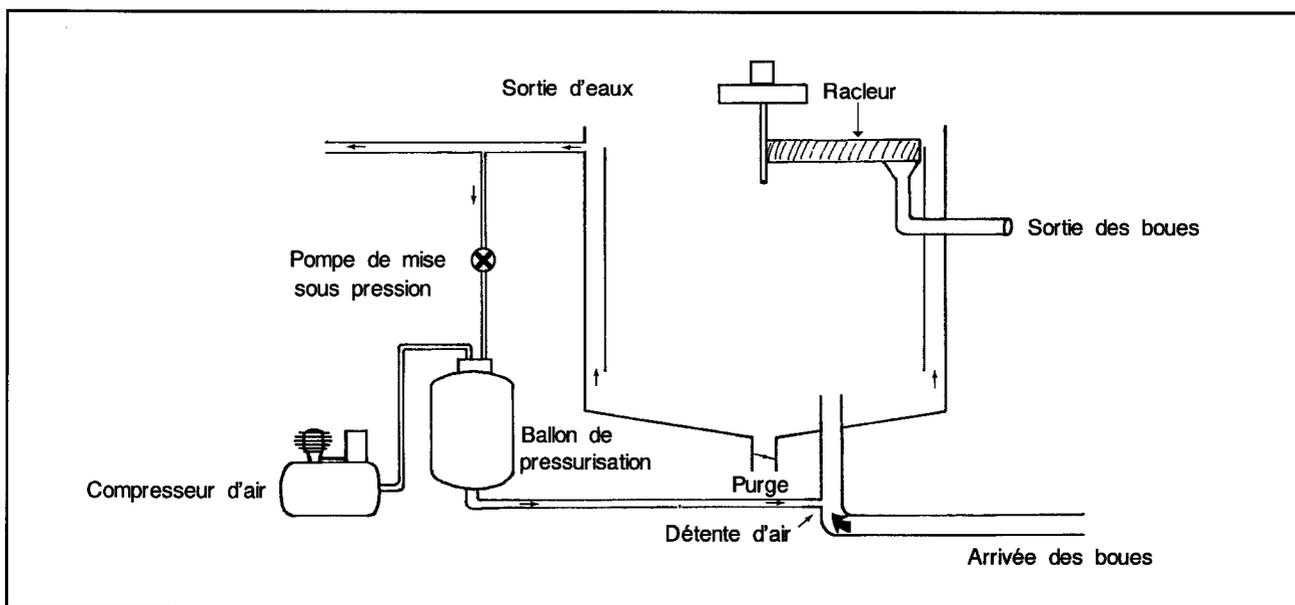


Figure 10 : Flottateur.

Dimensionnement (aération prolongée)

— Surface du flottateur 3 m²/1 000 hab. raccordés en visant 8 heures de fonctionnement/semaine

— Puissance installée pour production de micro bulles de l'ordre de 5 kW (pompe + compresseur)

Sans conditionnement, il convient de multiplier la surface de flottation par 2.

Efficacité

Sur les boues difficiles à concentrer, qui est le domaine des flottateurs, les concentrations atteintes varient de 30 à 70 g/l en routine, soit

près du double de celles obtenues en épaisseur statique (fig. 10).

Exploitation

L'exploitation d'un flottateur nécessite un entretien électromécanique non négligeable du fait du nombre de motoréducteurs et de vannes installés. Les réglages de débit d'air, de vitesse de raclage, ne sont pas toujours simples, au

moment de l'installation. L'efficacité est renforcée si les boues sont conditionnées ce qui s'imposera dès lors qu'il y a déshydratation ultérieure.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Meilleure efficacité qu'un épaisseur pour des boues difficiles à concentrer Compacité, rapidité de séparation des floccs</i>	<i>Coût d'investissement élevé Coût d'exploitation élevé (consommation électrique, maintenance)</i>

Principe

Les boues, conditionnées par polyélectrolyte, sont admises sur une grille horizontale dont l'espace libre entre barreaux pleins est de 500 µ. Un système de raclettes fait avancer les

boues vers l'extrémité de sortie de l'appareil, tandis que l'eau s'égoutte à travers la grille. Un lavage par jets d'eau sous pression vient décolmater la grille par sa face inférieure (fig. 11).

Conception

La grille d'égouttage se place au-dessus du silo de stockage, ou en alimentation directe d'une machine de déshydratation.

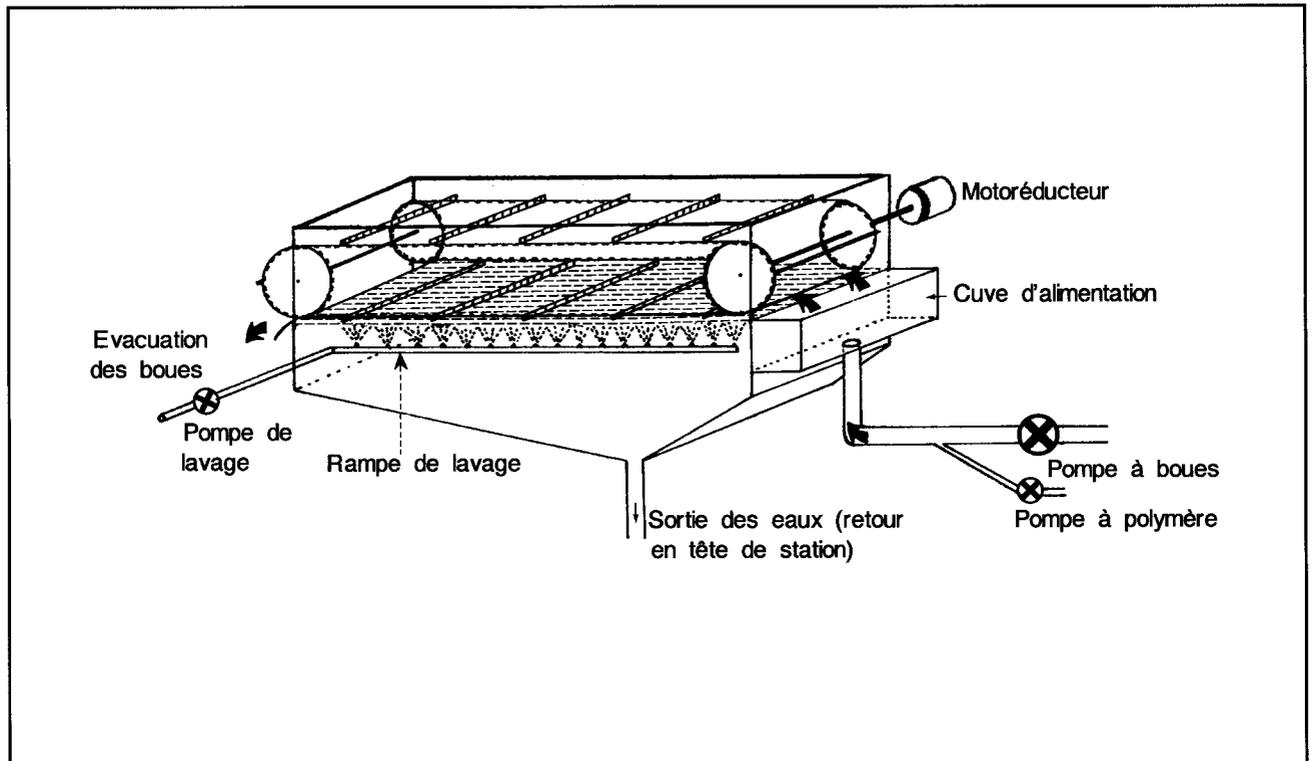


Figure 11 : Grille d'égouttage G.D.E.

Dimensionnement

En fonction de la masse de boues à traiter la largeur de la grille varie. La productivité a été mesurée en conditions de fonctionnement de routine à 15 kg de boues/heure/10 cm de largeur de grille. Une grille de 50 cm de large a donc besoin d'être mise en service environ 3 h par semaine et par tranches de 1 000 habitants raccordés.

- longueur : 1,5 m
- largeur : variable (50 cm pour les petites stations)
- puissance installée : 0,25 kW
- pompe de lavage :
pression : 10 bars
débit : 100 l/min (2 min/heure)
(ou pression du réseau : 6 - 7 bars)

Efficacité

Les siccités obtenues varient de 5,2 % avec des boues de médiocre décantabilité à 6,5 % et plus avec des boues d'aération prolongée plus faciles à déshydrater. Les taux de capture sont remarquables (> 98,5 %) même avec des lavages très fréquents. Ces résultats sont obtenus

au prix de taux de traitement variant entre 3 et 4 g/kg matière sèche. Des siccités un peu plus élevées ne sont pas exclues pour des charges de machine réduites ce qui ne devrait pas poser problème sur les petites stations.

Exploitation

Appareil d'une conception particulièrement simple, les grilles d'égouttage ne nécessitent qu'une exploitation peu prenante en sus des tâches liées au conditionnement des boues. La mise au point du lavage doit être soignée (pres-

sion, débit, fréquence), le choix étant actuellement difficile à établir entre des lavages à pression modérée en continu et des lavages syncoés à forte pression.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Coût d'investissement modéré Coût d'exploitation les moins élevés des appareils mécaniques Facilité d'exploitation Obtention de boues liquides très concentrées</i>	<i>Contraintes du conditionnement Installation souvent proposée en hauteur (sur le silo)</i>

Fournisseurs

Société Degremont, 183 Avenue du 18 juin 1940 - 92508 RUEIL MALMAISON CEDEX
Société France-Assainissement, 305 route de Schirmeck - 67200 STRASBOURG.

Principe

Les boues, conditionnées par polyélectrolyte, sont admises dans un tambour cylindro-conique légèrement incliné sur l'horizontale et

tournant lentement sur son axe. Le tambour est constitué d'une toile filtrante à maille de 500 ou 600 µ.

Conception

L'installation est le plus souvent équipée d'un flocculateur muni d'un agitateur lent à vitesse variable (fig. 12).

que les boues ne subissent pas de pression. La rotation de la toile permet d'offrir plus de surface de percolation à la masse d'eau admise et d'assurer à la toile filtrante un lavage plus fréquent.

La vitesse de rotation du tambour est suffisamment faible (quelques tours/minute) pour

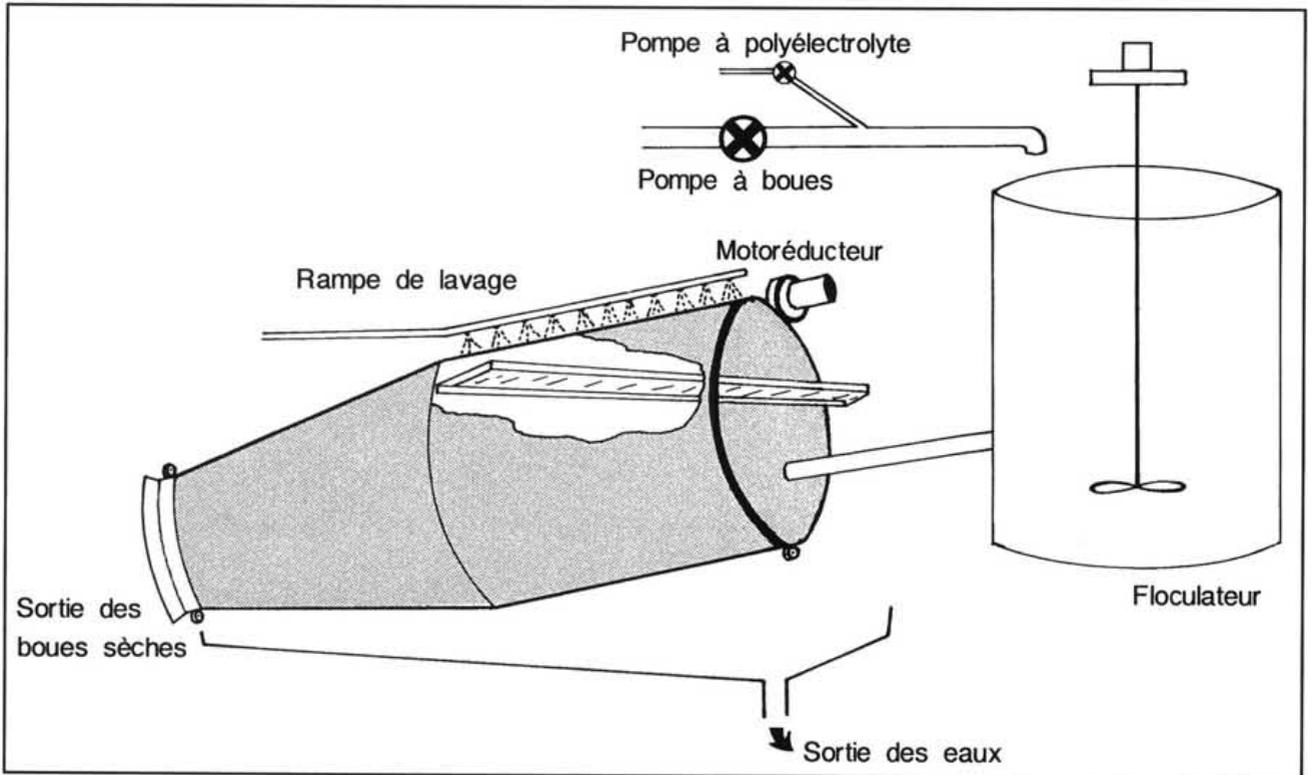


Figure 12 : Tambour d'égouttage.

Dimensionnement

Le modèle le plus petit a une productivité importante (> 100 kg/heure).

Le temps de fonctionnement nécessaire est donc de 2 heures par semaine et par tranches de 1 000 hab. raccordés.

- Longueur : 2 m
- Diamètre : 0,9 m
- Puissance installée : 1,5 kW

Efficacité

En boues d'aération prolongée, la siccité obtenue varie de 7 à 8 %. Le taux de capture a été mesuré à 90 % malgré une toile neuve et un lavage correct (l'adéquation du polyélectrolyte

aux boues était sans doute en cause puisque le taux de traitement utilisé - 10 g/kg MS - était très élevé).

Comparaison des résultats sur deux boues différentes

	<i>Boues d'aération prolongée (l = 220 ml/g)</i>	<i>Boues mixtes fraîches de moyenne charge (majorité de boues primaires)</i>
<i>Concentration des boues admises</i>	16,2 g/l	70,3 g/l
<i>Débit d'alimentation</i>	6,9 m ³ /h	5,7 m ³ /h
<i>Productivité</i>	112 kg/h	400 kg/h
<i>Taux de capture</i>	89,3 %	98,4 %
<i>Taux de traitement</i>	10,7 g/kg	4,2 g/kg
<i>Siccité obtenue</i>	6,9 %	15,4 %

Exploitation

Appareil relativement simple, le tambour d'égouttage ne nécessite, lorsque le conditionnement est efficace, qu'une surveillance peu intense. Dans le cas contraire, l'adaptation du débit de boues nécessite une attention toute particulière.

Comme pour la plupart des appareils de déshydratation, une concentration élevée des boues admises simplifie nettement l'exploitation et améliore les performances des tambours d'égouttage.

Avantages - Inconvénients :

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Coût d'exploitation relativement modéré Exploitation relativement simple Obtention de boues liquides très concentrées</i>	<i>Contraintes du conditionnement</i>

Fournisseur

Combustion engineering, 10 avenue de Concy - 45071 ORLEANS CEDEX

4.4. Séchage à l'état "pâteux"

4.4.1. Bennes filtrantes

Principe

Les boues, conditionnées par électrolyte, alimentent une benne métallique dont les parois sont doublées intérieurement par une toile filtrante. La hauteur de remplissage définit la pression, de l'ordre de 0,1 bar.

Après ressuyage de la plus grande partie de l'eau, le niveau dans la benne est complété par un (ou deux) nouveau remplissage.

Conception

Diverses bennes sont utilisées : multibennes standard équipées de toiles, remorques agricoles basculantes modifiées, (fig. 13) ... La sur-

face d'égouttage peut être augmentée et les volumes de boues fragmentés par une cloison intermédiaire drainante.

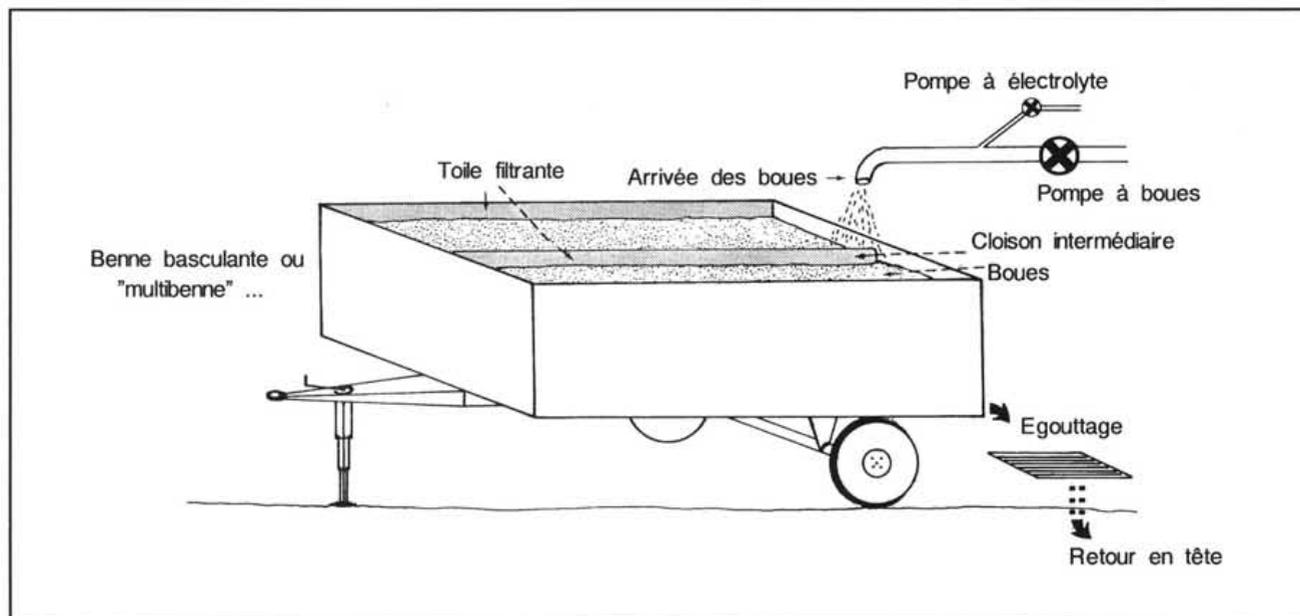


Figure 13 : Benne filtrante.

Dimensionnement

Les bennes utilisées présentent des capacités utiles de 5 à 12 m³. Trois bennes de 10 m³ remplies une fois par semaine permettent

d'évacuer la production de boues en excès de 1 000 habitants.

Efficacité

La masse de boues importante ne permet pas un ressuyage complet de la boue. Des siccités de 6,5 % sont constatées sur des boues

de médiocre décantabilité. Les taux de capture peuvent être excellents.

Exploitation

En dehors du conditionnement, l'exploitation du système est particulièrement simple. Certains exploitants ajoutent de la sciure ou de la paille en fond de benne avant remplissage pour éviter que la boue ne colle à la toile filtrante.

Le problème principal est celui de la réutilisation des boues. La consistance pâteuse ne permet pas un épandage satisfaisant les

agriculteurs à l'aide d'une benne basculante. Les bennes ont été considérées jusqu'à présent comme délivrant des boues pâteuses. Une révision du concept, en envisageant des reprises de boues par pompe, permettrait sans doute de redonner un élan à cette technique. Il paraît nécessaire que la benne dispose de son système d'épandage adapté.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Exploitation extrêmement simple Capacité bien adaptée à de petites stations</i>	<i>Utilisation agricole ultérieure mal adaptée Inutilisable par période de gel Temps de main d'œuvre relativement important (faible capacité, plusieurs remplissages) Coût d'exploitation élevé</i>

Fournisseurs

- Soteca, 15 rue Pierre Aumaître, B.P. 125, 16006 ANGOULEME CEDEX
- Divers fournisseurs locaux

Séchage à l'état "pâteux"

Utilisant le même principe de séchage "en volume" de boues conditionnées que les ben-nes filtrantes, divers types de sacs filtrants ont été envisagés.

Une première version de sacs de 3 m de haut pour 0,80 m de diamètre avec un remplissage

4.4.2. Sacs filtrants

par le haut et dépotage par le fond a été installé en France et fonctionne encore sur deux stations d'épuration de petites collectivités. La siccité obtenue, le rapport des avantages et inconvénients ont conduit le fournisseur de ces sacs à cesser de les proposer sur le marché.

Fournisseurs

- Progalva, Route de Saulx, CHAMPLAN - 91160 LONGJUMEAU (sacs jetables)
- Peabody : U.S.A.
- SIDAC : 9, avenue Gabriel Péri - 93800 EPINAY-SUR-SEINE

Principe

Les boues, conditionnées par polyélectrolyte, sont admises dans une cuve cylindro-conique conçue pour réaliser un épaississement avec surverse et munie d'une vis engaveuse. Au fond de cette cuve, les boues sont reprises par une vis sans fin les poussant dans une grille

d'essorage en luttant contre la pression exercée à la sortie par un clapet plaqué par un contrepoids (fig. 14). La pression à laquelle les boues sont soumises serait supérieure à 0,2 bar.

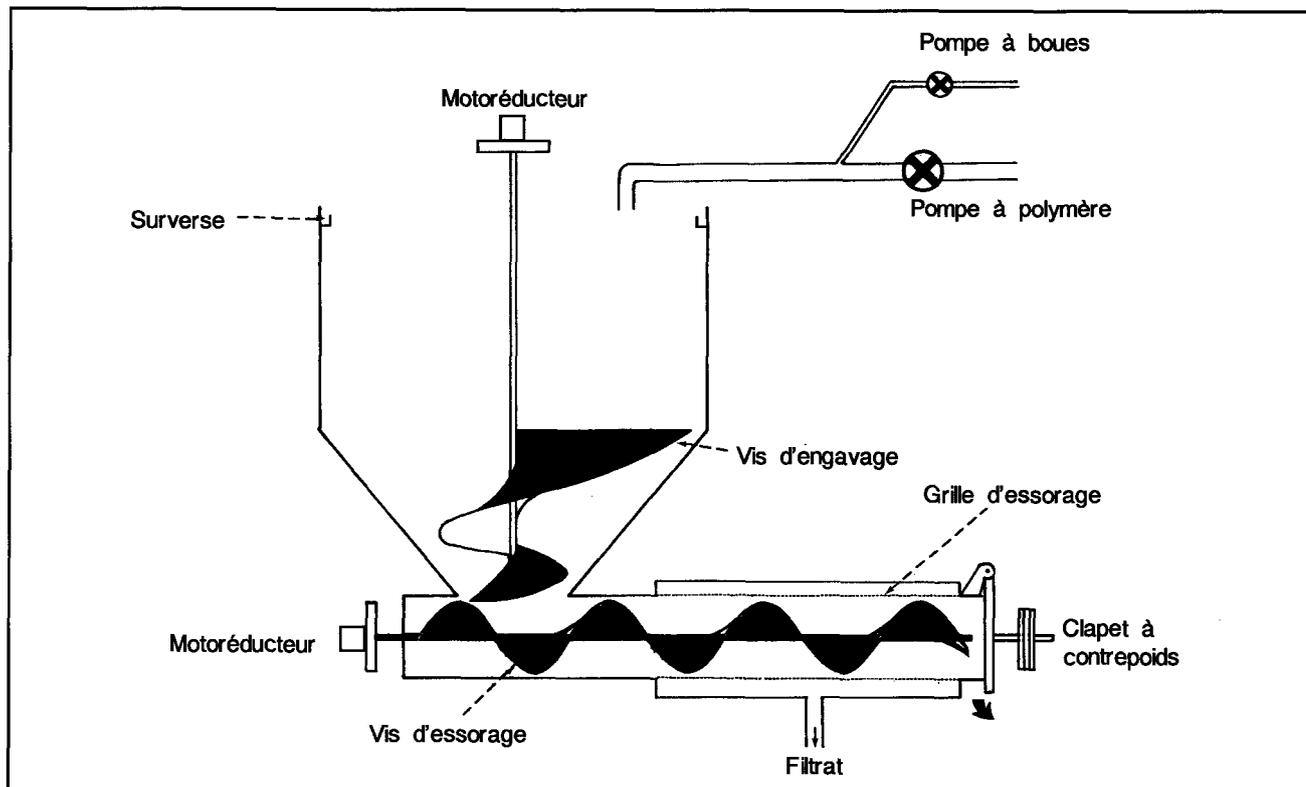
Conception

Figure 14 : TASSTER U.

Dimensionnement

L'appareil actuellement le plus petit de la gamme permet de déshydrater une soixantaine de kg de boues par heure¹. Son temps de fonctionnement hebdomadaire est donc de l'ordre de 3 heures par tranche de 1 000 habitants raccordés.

L'appareil présente un encombrement réduit. Le constructeur étudie actuellement la mise sur le marché d'un appareil plus petit ("mini Tasster").

Diamètre de la cuve : 1,50 m
Puissance installée : 1,5 kW

Efficacité

Les siccités obtenues varient de 10 à 12 %. Le taux de capture peut être très médiocre (70 % par exemple), la partie concentrateur de l'appareil en est la cause. Sous l'effet d'une variation de qualité, les boues conditionnées peuvent avoir tendance à flotter au lieu de décanter. La surverse est alors chargée en

boues, la partie pressage pouvant même recevoir temporairement de l'eau claire, faisant perdre le bénéfice de la siccité obtenue précédemment. Une exploitation prudente et économique en temps de surveillance consiste à ne pas se servir de la surverse (alimentation à débit réduit - détecteur de niveau).

1. Alimenté par des boues bien concentrées (40 g/l), la productivité est supérieure à 100 kg/h.

Exploitation

Sous réserve de la modification décrite ci-dessus l'exploitation est simple et ne nécessite de surveillance qu'à la mise en route. Divers détecteurs interrompant l'alimentation peuvent

être installés : détecteur de niveau dans la cuve, détecteur d'eau claire en fond de cuve, qui permettent l'obtention d'une siccité régulière.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Coût d'exploitation limité Simplicité de l'exploitation Grande robustesse Pas de système de lavage</i>	<i>Appareil à compléter pour gain de fiabilité de déshydratation et de temps de surveillance Nécessité de disposer d'un épandeur adapté pour valorisation agricole</i>

Fournisseur

Société Neyrtec, B.P. 61 - GRENOBLE CEDEX

Principe

Les boues flocculées par polyélectrolyte concentré sont admises dans des manchettes filtrantes obturées par compression et pressées

par des manchettes gonflables qui les entourent (fig. 15).

Conception

Le fonctionnement cyclique des 6 électrovannes permet l'agitation par bullage dans la floculation, la mise en pression du floculateur,

le remplissage des manchettes, le pressage des boues, leur éjection.

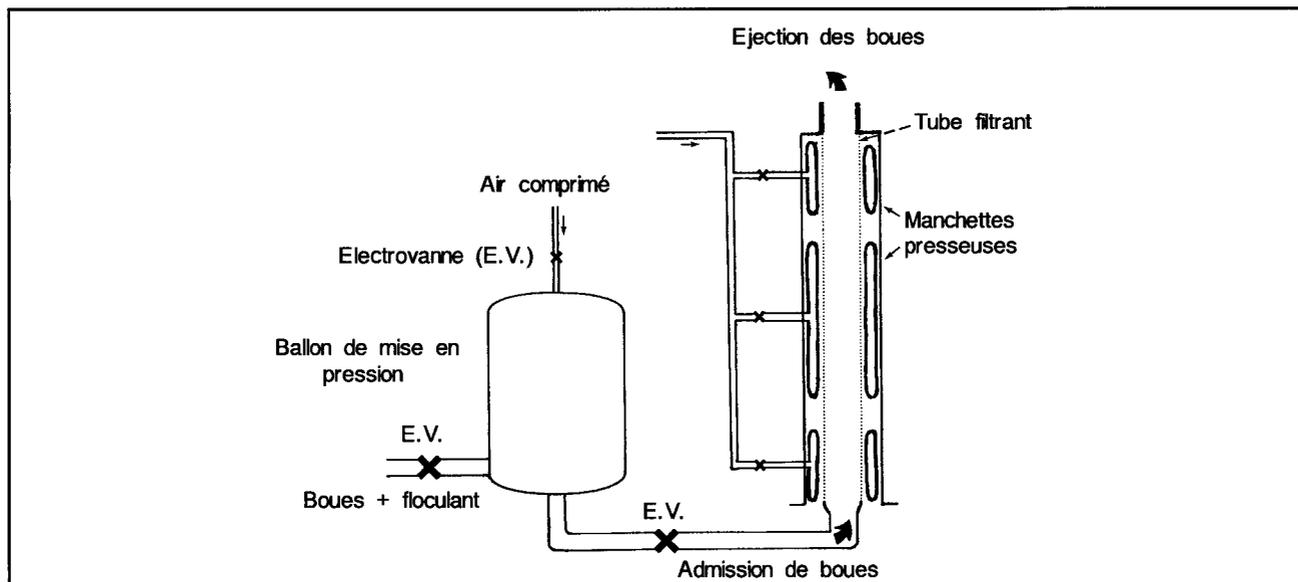


Figure 15 : FILTRECO.

Dimensionnement

Un tube de filtration permet la déshydratation de 3 kg de boues par heure.

Hauteur des tubes : environ 1 m

Compresseur d'air - puissance 2 kW (marche intermittente)

Deux tubes fonctionnant près de 40 heures par semaine sont donc adaptés à traiter les boues produites par 1 000 habitants raccordés. La marche continue d'un tube est pratiquée sur certaines stations.

Efficacité

Les siccités obtenues varient de 8 à 10 %. Les taux de capture oscillent entre 80 à 90 %.

Exploitation

La plupart des exploitants connaissent des difficultés importantes de réglage. Les doses de polymère utilisées sont très élevées, sous peine de blocage du système d'injection (utili-

sation de polymère concentré et d'une pompe miniature). Les ruptures des manchettes filtrantes sont fréquentes.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Capacité adaptée à des petites stations Coût d'investissement modéré</i>	<i>Fiabilité douteuse Exploitation délicate Coût d'exploitation élevé Craint le gel Nécessité de disposer d'un épandeur adapté pour la valorisation agricole</i>

Fournisseur

Société Ecotec, 112 rue du Dragon, 13006 MARSEILLE

Séchage à l'état "pâteux"

4.4.5. Filtres à bande de faible capacité

Principe

Les boues conditionnées au polyélectrolyte sont réparties sur une toile filtrante. Cette toile mobile assure, en quelques dizaines de secondes, un égouttage sous pression. Les boues sont ensuite prises entre deux toiles filtrantes comprimées par des rouleaux presseurs.

L'enroulement des toiles et du matelas de boues autour d'axes de rayon de plus en plus faible assure un cisaillement permettant à l'eau de s'échapper de la couche de boues (fig. 16). La pression exercée est de l'ordre de 2 à 3,5 bars.

Conception

Les filtres à bande de faible capacité ont une conception très voisine des appareils plus

importants. La largeur de toile les différencie : 0,8 ou 1 m dans le cas présent.

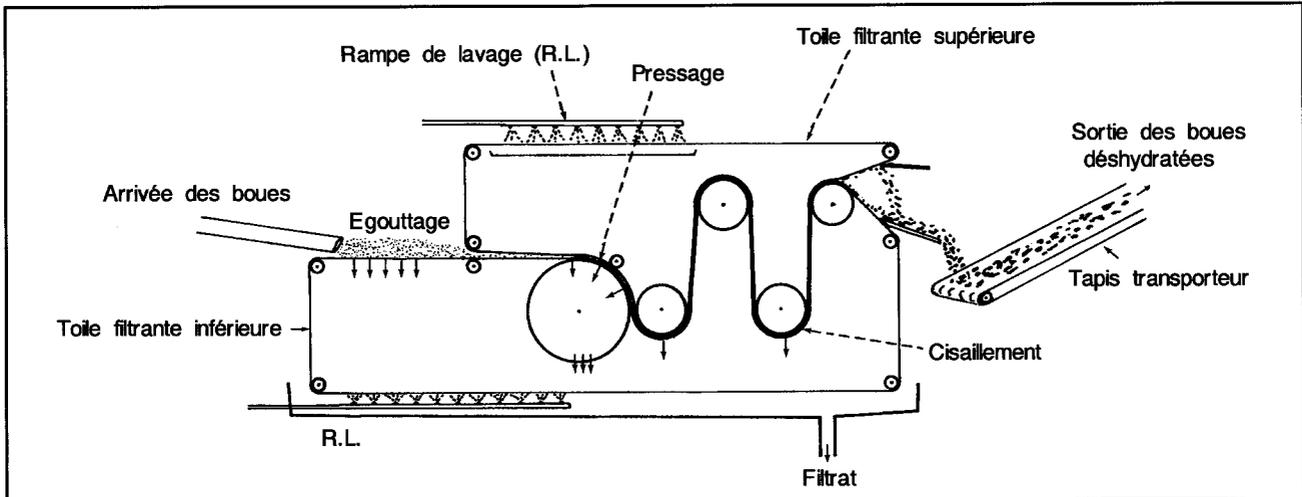


Figure 16 : Filtre à bande.

Dimensionnement

La productivité des filtres à bande varie de 50 à 100 kg de MS/heure et par mètre de largeur de bande. On peut donc tabler, avec des boues difficiles à déshydrater, sur 4 heures de fonctionnement hebdomadaire par tranche de 1 000 habitants raccordés.

Entraînement - puissance installée : 0,55 kW
Pompe de lavage - puissance installée : 2,2 kW.

Débit environ : 2 m³/h.

Efficacité

La siccité obtenue est de l'ordre de 14 %. Une faible concentration limite la productivité de l'appareil, sans affecter la siccité finale. Les

taux de capture peuvent être médiocres (80 %) si le lavage est insuffisant ou si les toiles sont vieilles.

Exploitation

Le mécanisme relativement complexe entraîne une maintenance non négligeable. Les toiles doivent être changées régulièrement. La

répartition des boues sur la toile d'égouttage, le raclage des boues et le lavage des toiles doivent être optimisés.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Siccités obtenues plus élevées que pour les autres appareils</i>	<i>Exploitation relativement délicate Coût d'exploitation relativement élevé Nécessité de disposer d'un épandeur adapté pour valorisation agricole</i>

Fournisseurs

Combustion Engineering, 10 avenue de Concy, 45071 ORLEANS CEDEX

EMO - B.P. 22 - 2A 35740 PACE

Guinard centrifugation, 156 boulevard du Général de Gaulle, 92380 GARCHES

4.5. Séchage à l'état solide

4.5.1. Lits de séchage

Principe

L'épandage de boues sur une couche drainante permet le ressuyage de l'eau interstitielle. Dans une seconde phase, l'évaporation permet d'atteindre des siccités élevées. L'efficacité du séchage est donc liée aux conditions météorologiques. Les chutes de pluie sur des boues qui

n'ont pas atteint le stade de déshydratation dans lequel des fissures se produisent occasionnent une réhydratation des boues. Les mois d'hiver où le bilan évaporation-précipitation est nul conduisent à un stockage prolongé des boues dans les lits.

Conception

Les lits de séchage classiques sont constitués d'une couche de sable lavé surmontant

des couches de granulométrie plus importante, incluant le réseau de drainage (fig. 17).

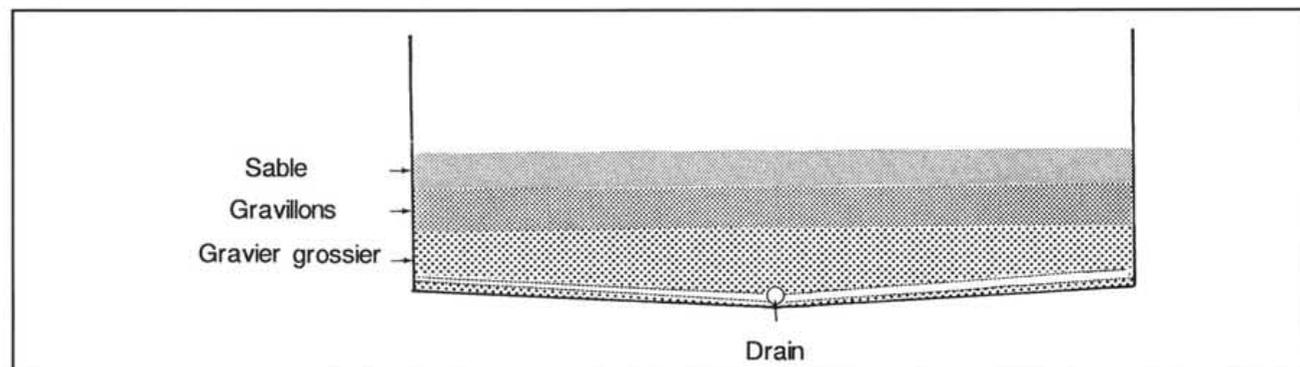


Figure 17 : Lit de séchage.

Dimensionnement

La surface totale de lit nécessaire est estimée à $1 \text{ m}^2/5 \text{ éq. hab.}$. En climat exceptionnellement favorable pour la FRANCE ou en lit bactérien, cette surface pourrait être ramenée à $1 \text{ m}^2/7 \text{ hab.}$

Le nombre de lits doit permettre l'adéquation du remplissage d'un lit avec une purge de boues. Une couche (virtuelle compte tenu du drainage instantané) de 30 cm de boues

liquides étant épandue, la surface d'un lit doit être de $2,5 \text{ m}^2/100 \text{ habitants raccordés}$. En aération prolongée, **le nombre de lits doit ainsi être de 8** en climat français moyen **et de 6** en climat favorable.

Ainsi pour une station de 1 000 éq. hab. de capacité en boues activées en aération prolongée, on doit installer 8 lits de 25 m^2 soit 200 m^2 de surface totale.

Efficacité

Les siccités obtenues lorsque le climat est favorable sont élevées. Après 2 à 3 semaines de déshydratation sans précipitations avant le craquellement des boues, la siccité est souvent de 30 à 35 % et les boues solides sont facilement épandables avec les épandeurs à fumier classiques.

En hiver, le stockage permis par le dimensionnement correspond à 2 mois de production de boues à capacité nominale. Cela permet de passer la période des gelées mais ne dispense pas de prévoir la possibilité d'évacuer des boues liquides lors des saisons particulièrement sévères.

Exploitation

D'une grande simplicité, l'exploitation requiert néanmoins un nombre d'heures de travail important : reprise des boues séchées, rechargement en sable et régalinge du lit pour compenser les pertes de sable collé aux boues (ce rechargement de quelques centimètres de sable doit être effectué tous les 5 à 10 remplis-

sages). La mécanisation des opérations par un matériel spécifique n'a connu que quelques applications, essentiellement sur des grandes surfaces, compte tenu de son coût d'investissement élevé. Une mécanisation par de petites chargeuses est possible à condition de prévoir les bandes de roulement de ces engins.

Avantages - Inconvénients

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Production de boues à l'état solide sur de petites installations</i> <i>Facilité d'exploitation</i> <i>Pas de conditionnement des boues</i>	<i>Procédés soumis aux aléas climatiques</i> <i>Coût d'exploitation élevé</i> <i>Surface mobilisée importante</i>

Séchage à l'état solide

4.5.2. Floculation sur lits de séchage

Principe

L'un des inconvénients majeurs du séchage sur lits est d'être fortement retardé par des pluies intervenant après ressuyage et avant l'apparition de craquelures (fentes de retrait). Pour diminuer la durée de cette période critique, le conditionnement (= floculation) des

boues est une solution adaptée. En climat moyen, les fentes de retrait apparaissent au bout de 2 à 3 jours contre une semaine et plus sans conditionnement. La probabilité de recevoir une pluie au mauvais moment est donc divisée environ par trois.

Réalisation

Une floculation rustique (cf. conditionnement) qui ne nécessite pas d'investissement notable, ni ne présente de coût d'exploitation important est bien adaptée. Les doses

employées sont de l'ordre de 4 à 5 g de matière active/kg matière sèche. Avec la pratique le bon réglage du débit est maîtrisé par l'exploitant.

Dimensionnement

Comme nous l'avons vu ci-dessus, la productivité des lits de séchage est largement augmentée, en climat favorable. Toutefois, il paraît souhaitable de pratiquer le même dimensionne-

ment que sans floculation dans la mesure où en période de climat particulièrement défavorable (pluie tous les jours, et surtout gel) les besoins de stockage de boues sont identiques.

Efficacité

En climat français moyen, il n'est pas exclu d'évacuer les boues au bout d'une semaine, à des siccités de 22 - 30 % pendant 8 mois de

l'année sur 12. En attendant plus longtemps, on obtient les siccités classiques des lits de séchage et une consistance plus solide.

Exploitation

L'effort d'exploitation porte essentiellement sur le temps de main-d'œuvre à consacrer à l'évacuation des boues séchées et à la préparation des lits. La préparation du polymère et son introduction dans l'écoulement des boues ne représentent qu'une faible part du temps à consacrer à la gestion des lits de séchage.

La manipulation de polymères concentrés n'est toutefois pas exempte d'inconvénients, le produit étant particulièrement collant !

Avantages - Limites par rapport au lit de séchage géré traditionnellement

Avantages	Inconvénients
<i>Multiplication de la productivité des lits par un facteur 2 à 3 en climat moyen</i> <i>Faible surcoût d'exploitation</i>	<i>Pas d'amélioration du séchage en période difficile (gel)</i>

Une technique aussi simple a été l'objet de modifications concernant nombre de ses aspects.

Modification du média filtrant

L'utilisation de sable ne va pas sans inconvénients : sables mal lavés qui ne drainent pas, nécessité de recharger les lits, ... Divers substituts ou compléments ont été proposés :

• **Le béton.** Plusieurs techniques ont été développées :

— **Création de chemins de roulement** permettant une mécanisation de la reprise des boues sans affecter la structure en couches de granulométrie décroissante du lit, ni la tenue des drains. Cette modification concerne des surfaces déjà importantes (plusieurs milliers d'éq. habitants). Elle implique un bon régalage du sable au niveau des chemins de roulement et des possibilités d'entrée avec une petite chargeuse sur tout le front du lit (problèmes d'étanchéité lors du remplissage).

— **Lit en béton poreux.** Les rares expériences ne permettent pas de justifier économiquement cette technique nécessitant la mise en place de moyens de décolmatage (air comprimé, ...) ou d'aide à la déshydratation (mise en dépression sous le lit, ...).

— **Dallage de béton** (pour mémoire). Les avantages de possibilité de roulement d'engins n'ont pas semblé compenser les inconvénients d'instabilité du support.

• **Les grilles.** D'un coût prohibitif, des grilles (Wedge Wire) ont été expérimentées en

Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, donnant techniquement pleine satisfaction.

• **Les "non tissés".** Un film d'anticondaminant routier ("bidim") peut remplacer le sable. Relativement peu onéreux, il simplifie la reprise des boues (roulage, enlèvement) mais montre quelques difficultés à la séparation (accrochage des boues sur les fils du médium non tissé). Son usage pourrait être couplé, sur de petites surfaces de lit, avec un épandage préalable de paille ou, mieux, de paille hachée en cas de disponibilité sur place.

• **Les lits de séchage à macrophytes.** La plantation de roseaux (phragmites sp.) développée en Autriche semble permettre une gestion différente des lits de séchage. Le développement des rhizomes de ces végétaux conserve une filtrabilité aux boues séchées permettant l'épandage de couches successives de boues (jusqu'à 70 cm de boues séchées). La reprise des boues, poste le plus contraignant de l'exploitation des lits, se trouve ainsi très espacée (1 à 2 fois par an et par lit). Le procédé doit s'accompagner de la possibilité de rentrer sur les lits avec un engin de reprise. Les végétaux supporteraient mal les apports de boue digérée. Aucune expérimentation n'a encore été menée en France.

Couverture des lits

Un moyen drastique de se départir des conditions météorologiques défavorables est de couvrir des lits (fig 18).

En couverture traditionnelle (charpente métallique, tôle ondulée ou fibrociment), le coût d'investissement est élevé. La productivité des lits est augmentée comme suit :

	Boues drainant bien	Boues drainant mal
Couverture opaque	0 à 25 %	25 %
Couverture transparente	15 à 50 %	40 %

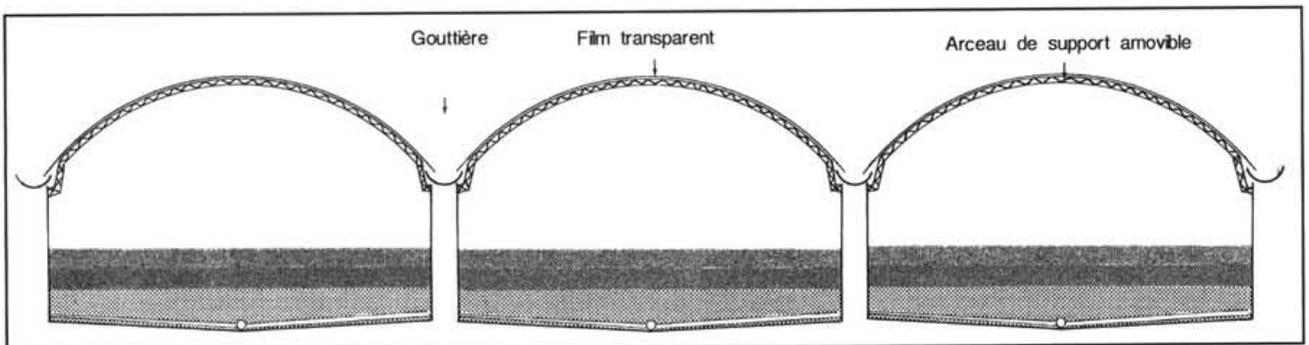


Figure 18 : Lits de séchage couverts.

Le gain ne semble pas supérieur globalement à celui obtenu, plus économiquement, par la floculation sur lit de séchage non couvert et ne justifie le surcoût de la couverture que si l'espace disponible est limité. Une augmentation des surfaces est, dans le cas contraire, a priori moins onéreuse. Toutefois, le développe-

ment de techniques semblables à celles des serres ne semble pas exclu dans la mesure où ce type de couverture, moins onéreuse, permet de plus une augmentation de la température. La couverture plus intégrale doit permettre un renouvellement de l'air saturé en eau par les extrémités.

"Astuces" d'exploitation

- **Monticules drainant** pour le ressuyage des eaux de pluie. La confection de monticule (1 pour 2 à 3 m²) permet l'évacuation horizontale des eaux arrivant avant l'apparition des fentes de retrait. Pour une pleine efficacité, il convient de ratisser les boues déposées sur la base de ces monticules.

- **Sortie accessible des drains.** Les drains des lits sont souvent suspectés d'être colmatés après destruction des couches des lits de séchage. Un rinçage à l'eau claire est bien souvent nécessaire. Une finition des drains, hors

du lit de séchage, par un tuyau accessible, permet d'effectuer un tel rinçage.

- **Étalage d'un grillage sur le sable.** L'accrochage des boues sur un grillage permet de simplifier la reprise des boues sur des lits de faible surface. Pour être opérationnelle, cette technique demande un degré de conception avancé. Pour les opérations d'enroulement du grillage chargé de boues et pour son secouage, le recours à un engin de travaux publics semble nécessaire.

4.6. Stockage des boues liquides

Le silo, installé sur la station d'épuration, a pour première fonction de stocker des boues liquides épaissies (30 - 60 g/l) par un épaississeur classique ou un procédé mécanique durant les périodes où l'utilisation des terrains agricoles est impossible. Ce temps peut aller, en France, jusqu'à 8 mois.

Le volume du silo est donc déterminé par cette durée, connue régionalement.

Il doit accessoirement permettre d'éliminer l'eau en complément d'épaississement et surtout de délivrer aux agriculteurs une boue de qualité constante et connue (essentiellement

4.6.1. Silo à boues

en concentration). A cette fin, l'installation d'un agitateur dans les silos, encore très rare, doit être généralisée (fig. 19). Pour un coût d'investissement raisonnable et des coûts de fonctionnement négligeables (temps de marche faibles), l'agitateur homogénéise les boues et fiabilise ainsi les relations agriculteurs-stations d'épuration. De plus, le brassage permet après un temps de repos de retrouver les eaux en surnageant évacuable alors qu'un silo statique voit le développement d'une couche de flottants souvent épaisse accroissant la difficulté de soutirage de l'eau interstitielle.

Dimensionnement

30 m³/mois de stockage/1 000 hab. raccordés¹

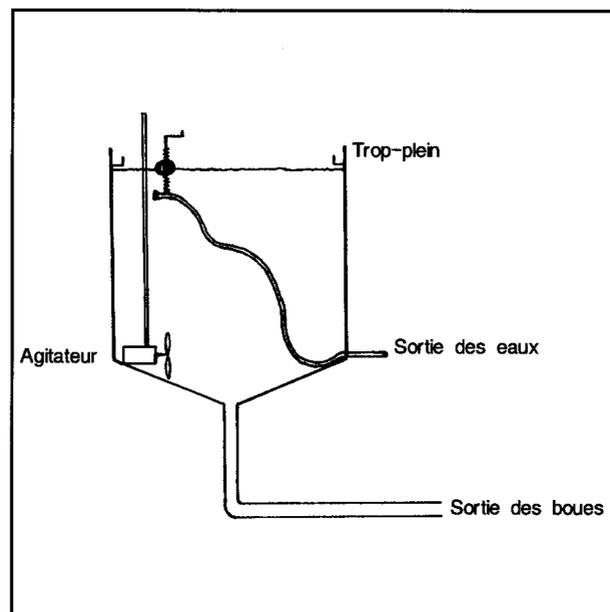


Figure 19 : Silo à boues.

1. Les expérimentations en cours montrent des résultats apparemment contradictoires explicables par les concentrations obtenues et la forme des ouvrages. Compte tenu des différences de coût global modestes, il semble conseillé d'installer, par sécurité, une puissance élevée de l'ordre de 15 W/m³.

Stockage des boues liquides

Version plus rustique que le silo de stockage des boues, les lagunes, imperméabilisées¹ artificiellement ou non suivant la nature du terrain, sont d'investissement plus modéré mais présentent une exploitation moins aisée. Implantées au milieu des terres agricoles réceptrices finales des boues ou sur la station d'épuration, elles doivent avoir un volume utile identique à celui des silos qu'elles remplacent (fig. 20).

Leur forme doit, de préférence, être telle qu'elles soient accessibles en tout point par l'extrémité du tube d'aspiration d'une tonne à

4.6.2. Lagune de stockage

lisier (cela limite, en pratique, leur largeur entre bords accessibles à 15 m).

Elles doivent, de même, être équipées d'agitateurs pour délivrer des boues homogènes. Les difficultés de brassage d'un système étendu en surface nécessitent des puissances installées un peu plus fortes. L'évacuation d'eau n'est pas une pratique sérieusement envisageable sur une lagune de stockage.

On évite, bien sûr, d'implanter ces lagunes en des points bas où le ruissellement pourrait amener des eaux excédentaires.

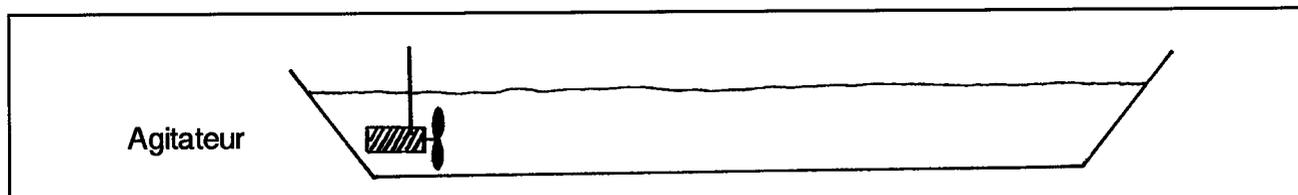


Figure 20 : Lagune de stockage.

Autres conceptions

En Allemagne, notamment, des lagunes à boues très concentrées sont utilisées, avec reprise des boues stockées par chargeuses

pouvant descendre par un plan incliné dans ces bassins à boues.

1. L'imperméabilisation par les boues elles-mêmes est une notion illusoire, la concentration des eaux interstitielles, en ammoniacque notamment, impose une imperméabilisation de ces bassins.

4.7. Stockage des boues déshydratées

La disponibilité des terres agricoles et des agriculteurs conduit à prévoir un stockage des boues déshydratées. De même, en petites collectivités, la production de boue faible par unité opérationnelle (un lit de séchage par exemple) implique un stockage des boues pour opérer rationnellement les épandages.

— Cas des boues des lits de séchage :

Une aire de stockage bétonnée doit être prévue. L'idéal est un stockage couloir à l'image des "fosses" d'ensilage agricole. Une légère pente doit permettre l'évacuation des eaux

météoriques. La reprise par chargeuse (ou godet de tracteur) doit être facilitée.

Sur la base d'un tas d'un mètre de haut en moyenne, la surface à aménager doit être de 4 m² par mois de stockage et par tranche de 1 000 habitants raccordés.

— Cas des boues pâteuses :

Un dispositif analogue au précédent doit être prévu. Son volume doit être doublé par rapport au cas des boues solides des lits de séchage. Une surface de 8 à 10 m² par mois de stockage et par tranches de 1 000 habitants raccordés est donc à installer.

4.8. Les unités mobiles de déshydratation

Des difficultés particulières liées aux conditions locales, qui se rencontrent notamment en région montagnarde, conduisent à envisager les systèmes de traitement des boues de manière spécifique. L'absence de débouché agricole, les difficultés de circulation et les distances, le climat peu propice aux méthodes naturelles de traitement imposent des solutions originales pour les petites collectivités notamment. En dehors du stockage prolongé, parfois source de nuisances au moment du dégel, le recours à des procédés de déshydratation adaptés à de plus grandes installations peut être envisagé.

De nombreuses machines de déshydratation peuvent être montées sur camion ou semi-remorque, accompagnées de leur poste de conditionnement des boues. Parmi ces machines se dégagent les appareils de concentration (grilles, tambours), les filtres à bande et les centrifugeuses du fait de leur continuité de fonctionnement, de leur facilité relative d'exploitation et de l'encombrement de leurs annexes.

Ainsi en 1977 le département de Haute-Savoie s'est doté d'un filtre à bande de largeur 2 mètres pour traiter éventuellement les boues d'une vingtaine de communes de 700 à 15 000 éq. hab., quelques-unes parmi elles étant plus particulièrement visées.

Un cahier des charges bien conçu a permis de dégager les contraintes diverses qui s'imposaient à l'appareillage :

- gabarit du véhicule
- voiries intérieures aux stations
- normalisation des arrivées d'eau, de boues, d'électricité
- possibilités de traitement des boues en une journée
- etc.

Cette unité mobile de déshydratation n'a pas rendu tous les services espérés. Les unités mobiles sont, en effet, handicapées par de nombreux facteurs :

— **Coût de fonctionnement élevé** : La présence continue d'un chauffeur-exploitant, les temps de trajet et d'installation, les temps "morts" de la machine elle-même, consacrés à

préparer le polyélectrolyte, rendent le coût d'exploitation supérieur à celui de tout système à poste fixe.

— **Traitement de boues avant séjourné longtemps en épaisseur** : Les aléas du calendrier de travail de l'unité de déshydratation impliquent un fonctionnement fréquent avec des boues ayant connu un début d'évolution anaérobie. Ces boues nécessitent des doses importantes de polyélectrolytes différents et cela sans donner, ni au niveau de la siccité, ni à ceux de la productivité et du taux de capture, les résultats escomptés.

— **Variation de qualité des boues** : Le passage d'une station à l'autre devrait s'accompagner de l'optimisation des flocculants sur chaque site ce qui représente une lourde charge pour une unité mobile de déshydratation. Dans la pratique, l'effort de sélection de polymères a peu de chances d'être maintenu et les performances opérationnelles décroissent en conséquence.

— **Coût d'investissement relativement élevé** du fait de l'achat du véhicule et du montage spécial (milieu humide et agressif, besoins de chauffage, de raccordement de réseaux, ...).

Ce bilan apparemment sévère ne doit pas être interprété de manière trop restrictive. Certaines circonstances permettent d'envisager favorablement l'emploi d'une unité mobile de déshydratation. Elles semblent pouvoir être listées comme suit :

— besoin, pour de petites stations, de disposer de matériels économiquement hors de portée pour celles-ci seules

— faible nombre de petites collectivités concernées. Trois ou quatre au maximum peuvent, en pratique, bénéficier de la même unité de déshydratation. La disposition idéale devrait être une station importante sur laquelle l'unité fonctionne 4 jours sur 5 et deux petites stations recevant l'unité une fois tous les 15 jours. Les coûts (problème qui ne manque pas de survenir) peuvent alors être répartis assez aisément et cela d'autant mieux que les stations sont gérées par la même entité (district, société fermière, ...).

4.9. Les unités centrales de déshydratation

Ce terme recouvre des réalités relativement différentes. Il s'agit, comme dans le cas des unités mobiles de déshydratation, d'accéder à des procédés de traitement ou de déshydratation adaptés à traiter des volumes importants de boues. Le problème clef est ici celui du transport des boues liquides vers l'**unité centrale de déshydratation** qui reste fixe. En se référant aux conditions économiques analysées à propos de la valorisation agricole de boues liquides, il est établi que le transport à des distances supérieures à quelques kilomètres représente une charge excessive. Pour des stations importantes, la solution du transfert par pompage devient envisageable, malgré les contraintes d'investissement et de gestion qu'elle implique.

Sans tenir compte le plus souvent de cette limite objective, des traitements de boues centralisés se sont développés dans certaines sociétés d'exploitation, syndicats de commune ou communautés territoriales. Ces expériences mettent à jour la difficulté technique consistant à travailler avec un même appareillage sur des boues de caractéristiques différentes. Le conditionnement apparaît le plus souvent déficient, cette insuffisance se traduisant par des performances limitées au niveau de la déshydratation tant en siccité obtenue qu'en consommation de réactifs (taux de traitement trois fois supérieurs à la normale et même plus) qu'en taux de capture et en productivité. On passe en effet du traitement des boues fraîches de la station où est implanté le système de déshydratation à celui de boues qui ont évolué en anaérobiose lors d'un premier stockage au site de production, quasi inévitable dès que le nombre des stations desservies augmente. Le mélange des diverses boues dans le stockage d'alimentation de la déshydratation rend l'optimisation du conditionnement très délicate : à la limite, avec une unité

mobile de déshydratation, chaque station desservie régulièrement peut être traitée avec un flocculant spécifique ; en traitement centralisé, seules des solutions de compromis très approximatifs peuvent être adoptées.

D'autres possibilités : **compostage, incinération centralisés**, posent beaucoup moins de problèmes dans la mesure où un seul critère, la teneur en eau, d'ailleurs rapidement déterminable, oriente les décisions à prendre (proportion de boues et de produit additif).

La décision d'un traitement centralisé des boues est toujours sous la dépendance de facteurs spécifiques locaux induisant des difficultés importantes d'évacuation. Un tel traitement paraît toutefois envisageable pour des distances supérieures à quelques kilomètres à la condition de transporter des boues bien concentrées ; pour des boues d'aération prolongée, il conviendrait donc en général d'assurer leur épaissement à l'aide d'un matériel approprié : grille, tambour, etc. L'optimisation du système passe par l'amenée de boues non évoluées à la station de traitement et donc par un rythme de transport et de traitement bien synchronisé avec les extractions de boues.

En dehors des traitements non mobiles (compostage, grands filtres-presses, ...) il paraît au total plus judicieux, dès que les distances s'accroissent, de rendre mobile le matériel de déshydratation, plutôt que de transporter des boues liquides. Reste l'utilisation d'une unité existante en secours pour les stations de son voisinage ; cette solution n'est pas assez utilisée dans la pratique en raison des difficultés administratives qu'elle soulève (maîtres d'ouvrages, gestionnaires différents, rémunération des tâches accomplies, ...).

Les cas développés dans ce chapitre sont décrits et analysés en prenant en compte une population raccordée très proche de la population nominale des stations d'épuration. Lorsque la population est moindre, les opérations de purge de boues s'espacent, les quantités à traiter et le travail à fournir varient sensiblement dans les mêmes proportions que la population raccordée.

Cas n° 1

500 éq. habitants - lagunage naturel

En lagunage naturel, si la population raccordée est proche de la capacité nominale des installations, les soutirages de boues seront de deux types :

— **Des soutirages annuels de quelques m³** de boues se déposant à l'arrivée des eaux dans la lagune sont à prévoir. Ceci justifie d'ailleurs que les eaux arrivent en bord de lagune, au droit d'une surprofondeur (piège à boues) facilitant la reprise et espaçant les curages. Les boues, souvent peu stabilisées, présenteront quelques nuisances olfactives et peuvent être accueillies par des terrains agricoles isolés.

— **Des curages espacés dans le temps** mais concernant de grands volumes de boues. 750 m³ de boues environ sont à évacuer tous les 7 à 10 ans de la première lagune. Des extractions alternatives de l'ordre de 250 m³ de boues des autres lagunes peuvent être nécessaires dans certains cas, avec le même ordre de fréquence.

Déroulement des opérations

— **L'accumulation de boues** dans le bassin doit être **suivie** régulièrement (disque pour apprécier l'interface eau-boues ; barre pour la profondeur du fond du bassin). Lorsque l'on s'approche d'une hauteur moyenne de dépôts jugée préjudiciable, environ 30 cm en moyenne, il faut envisager le curage pour la saison pro-

pice suivante (labours d'automne, épandage sur prairie en fin d'hiver, ...).

La surface agricole nécessitée par une vidange de boues de première lagune est de 10 à 15 ha pour apporter une dose d'azote raisonnable (200 unités à l'ha dont une faible partie mobilisable immédiatement par les végétaux). Cette surface doit être recherchée à proximité immédiate de la lagune. Un accord avec les agriculteurs concernés doit être négocié en connaissance des boues à valoriser (analyses d'un échantillon moyen résultant de prélèvements à divers endroits de la lagune).

— **Le curage proprement dit.** La lagune à curer doit être by-passée en utilisant les circuits prévus à cet effet ou par aménagement temporaire. L'évacuation de l'eau surnageante est assurée le plus souvent par pompage jusqu'à mise au jour de l'interface eau-sédiment. Le pompage des boues sera alors réalisé par tout moyen approprié : tonne à lisier, pompe et réseaux de tuyaux, ...

L'opération, difficile à mener mais très peu fréquente, ne nécessite aucun traitement de la boue. La reprise des boues doit être aidée manuellement : déplacement des tubes d'aspiration, raclage des boues vers le pompage, etc. Une bonne estimation des quantités de boues épandues sur les surfaces agricoles doit être effectuée préalablement (fig. 21).

Temps de travail : ramené à l'année, le temps à consacrer aux purges est de l'ordre d'une vingtaine d'heures. Soit un coût estimatif de 2 à 2,5 F/habitant/an qui peut être doublé en y ajoutant les locations de matériel, fournitures de carburant, etc.

Cas n° 2

500 éq. habitants - Lit bactérien - lits de séchage

La station dispose pour la stabilisation des boues d'un digesteur de 75 m³ dans lequel les

1. Ou lorsque les résultats analytiques permettent de penser que la qualité du traitement est affectée significativement par les dépôts.

boues se concentrent assez facilement à plus de 60 g/l. Le volume du digesteur autorise une souplesse des soutirages de boues qui permet de s'affranchir de ceux-ci aux périodes climatiquement les plus défavorables.

Dans ces conditions, l'utilisation de lits de séchage s'avère une alternative concurrentielle et, en tout cas, une possibilité de secours intéressante à la valorisation agricole de boues liquides.

La **masse de boues** à épandre annuellement est d'environ 5,5 T (pour 7,3 en se référant aux éq. habitants). Les lits de séchage, avec une bonne concentration des boues et en

évitant les périodes défavorables, ont une productivité de l'ordre de **100 kg de MS/m²**.

On installera **4 lits** donnant une certaine souplesse de fonctionnement pour une surface totale de 80 m². Chaque lit devra être rempli 6 fois dans l'année (couches de 15 à 20 cm de boues liquides). Une aire bétonnée de 12 à 15 m² permet de stocker les boues déshydratées pendant une période de 6 mois (fig. 22).

Le **temps de personnel** nécessaire à la déshydratation ressort environ à 50 h par an soit un coût de l'ordre de 5 à 6 F/habitant raccordé/an qui doit être majoré par le renouvellement du sable (de l'ordre de 1 F/hab./an).

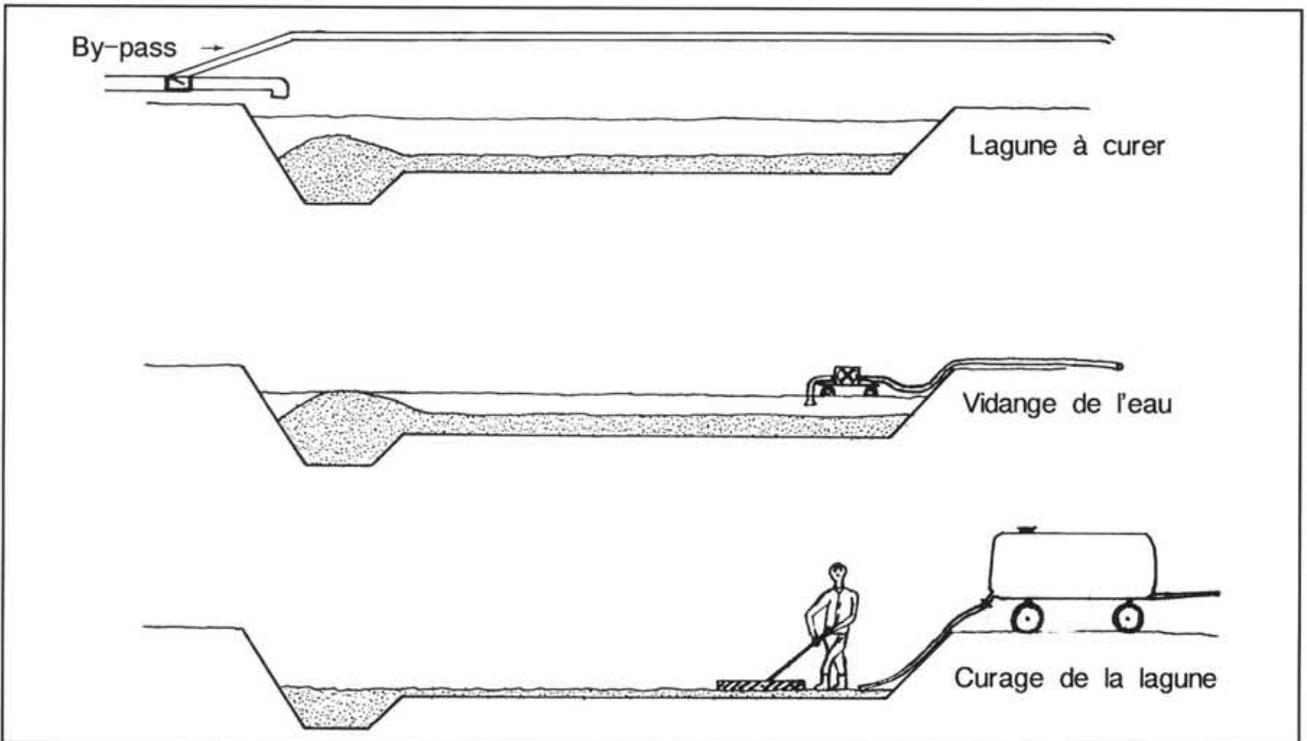


Figure 21 : Curage de lagunage naturel.

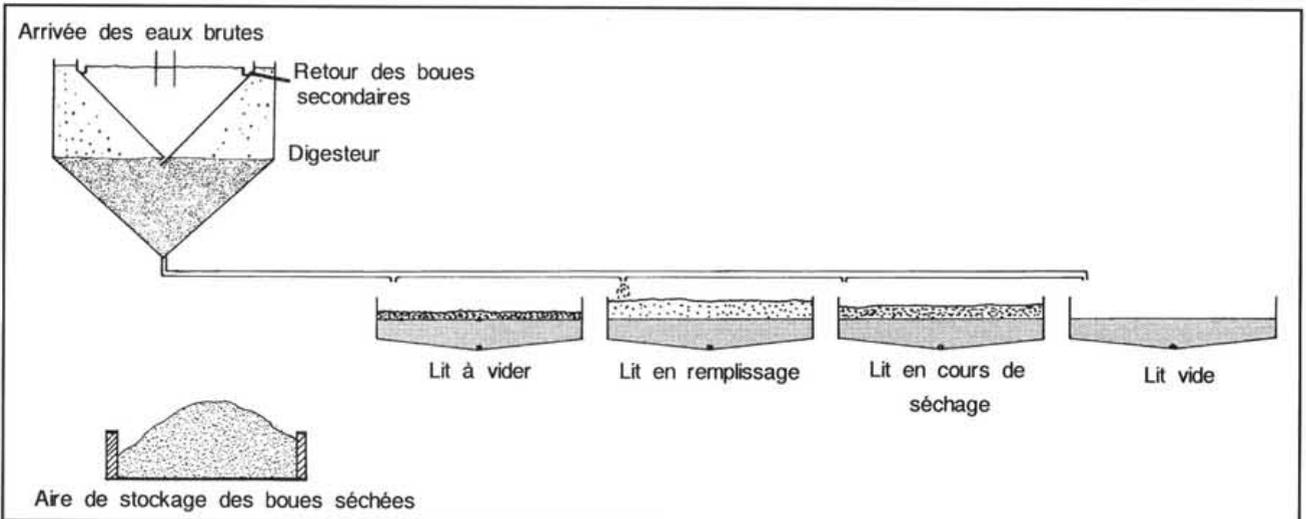


Figure 22 : Lits de séchage pour lit bactérien.

Cas n° 3

1 000 éq. habitants - Boues activées - Valorisation agricole de boues liquides

La station d'épuration conçue sur le principe des boues activées en aération prolongée délivre des boues stabilisées mais à faible concentration.

Une extraction de boues par semaine doit être pratiquée pour abaisser la concentration dans le bassin d'aération de l'ordre de 1 g/l. Sortant du décanteur à 12 g/l, le volume à pomper est d'une quinzaine de m³. Les boues sont dirigées vers un **épaississeur** statique d'une vingtaine de m³ de volume. L'épaississement est obtenu en un temps faible : de l'ordre de 48 heures. En tout état de cause, l'évacuation du surnageant doit être pratiquée lorsque la séparation des eaux et des boues est la plus nette, si possible avant l'apparition d'une couche de boues flottantes importantes.

Les boues, d'une concentration de l'ordre de 25 g/l, sont dirigées vers un **stockage** dont le volume est déterminé par les contraintes de l'agriculture. Si la période où l'épandage agricole est impraticable est de 6 mois, le volume du silo doit être de 220 m³. Il sera brassé de temps à autre pour éliminer du surnageant et au moment de la reprise par les agriculteurs par un

agitateur d'une puissance installée d'environ 3 kW. Les terrains agricoles devront être, sur la base de 200 unités d'azote/ha/an, de l'ordre de 7 ha.

Deux lits de séchage en secours seront utilement aménagés. Ils devraient avoir chacun une superficie de 25 m² pour être compatibles avec le volume d'une extraction (Les boues sont, dans ce cas, reprises directement de l'épaississeur et non du silo) (fig. 23).

Le **temps de travail** annuel pour le traitement des boues (sans utilisation du secours des lits) peut être estimé à une cinquantaine d'heures/an, soit un coût de l'ordre de 3 F/habitant raccordé/an.

Cas n° 4

1 000 éq. habitants - Boues activées - Lits de séchage

La station d'épuration conçue sur le principe des boues activées en aération prolongée délivre des boues stabilisées. Une extraction de boues par semaine doit être pratiquée pour abaisser la concentration dans le bassin d'aération de l'ordre de 1 g/l. Après arrêt une nuit de la recirculation, la concentration en sortie de décanteur est de l'ordre de 12 g/l. Le volume à pomper est d'environ 15 m³. Les boues sont

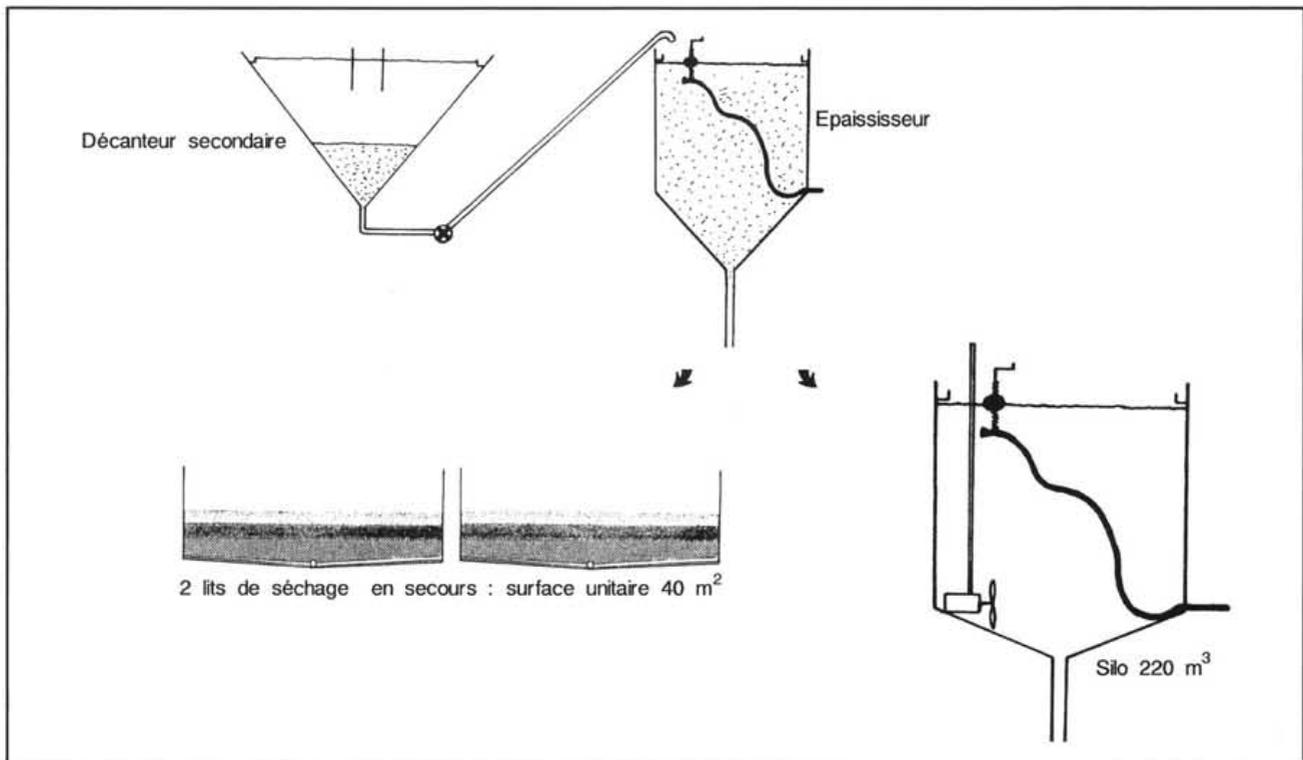


Figure 23 : Valorisation agricole des boues liquides.

épaissies dans un ouvrage statique de 20 m³ permettant une éventuelle prise de boues liquides en secours des lits de séchage. La durée de l'épaississement ne doit pas excéder 24 heures pour ne pas dégrader les possibilités de déshydratation de la boue.

Un lit de séchage est alors rempli en conditionnant les boues à l'aide d'un **polyélectrolyte** cationique à raison de 4 g/kg de matière sèche. La station dispose de **8 lits** de séchage de 25 m² ; le dispositif est complété par une aire de **stockage** de 25 m² permettant de conserver les boues 6 mois avant épandage (fig. 24).

Le **temps de travail** nécessaire s'établit à environ 100 heures/an, soit 5 à 6 F/habitant raccordé/an, coût auquel il faut ajouter 1 F/hab/an pour le renouvellement du sable et 1,50 F/habitant/an pour le polyélectrolyte, soit un total de l'ordre de 8 F/habitant raccordé/an.

Cas n° 5

5 000 éq. habitants - Boues activées - Valorisation agricole de boues liquides très concentrées.

La station d'épuration conçue sur le principe des boues activées en aération prolongée délivre des boues stabilisées. Une extraction de boues par semaine doit être pratiquée pour abaisser la concentration dans le bassin d'aération de l'ordre de 1 g/l.

Cette extraction sera réalisée en 10 à 15 heures de fonctionnement d'une grille (ou

d'un tambour d'égouttage). L'alimentation peut être faite directement du décanteur secondaire. Si un épaississeur est utilisé, la productivité des appareils augmente, ce qui ne semble pas utile compte tenu des faibles temps de fonctionnement nécessaires. Les boues sont alors **stockées** dans un silo d'un volume de 400 m³ permettant un stockage de 6 mois avant utilisation agricole.

La forte concentration permet, en principe, d'éviter d'avoir à installer un système de brassage. Toutefois, la présence de poches d'eau ne peut être exclue et la puissance à installer serait de l'ordre de 6 à 8 kW (fig. 25).

Le **temps de travail** peut être estimé à 150 heures/an et le coût total à environ 3 F/habitant raccordé/an (dont 1 F de polyélectrolyte et 0,1 F d'électricité).

Cas n° 6

5 000 éq. habitants - Boues activées - Déshydratation mécanique.

La station, conçue sur le principe des boues activées en aération prolongée, délivre des boues stabilisées. Une extraction par semaine doit être pratiquée pour abaisser la concentration dans le bassin d'aération de l'ordre de 1 g/l. Les boues extraites sont dirigées dans un **épaississeur** de 75 m³. L'épaississement doit être obtenu en un temps faible de l'ordre de 24 heures. Après extraction du surnageant, les

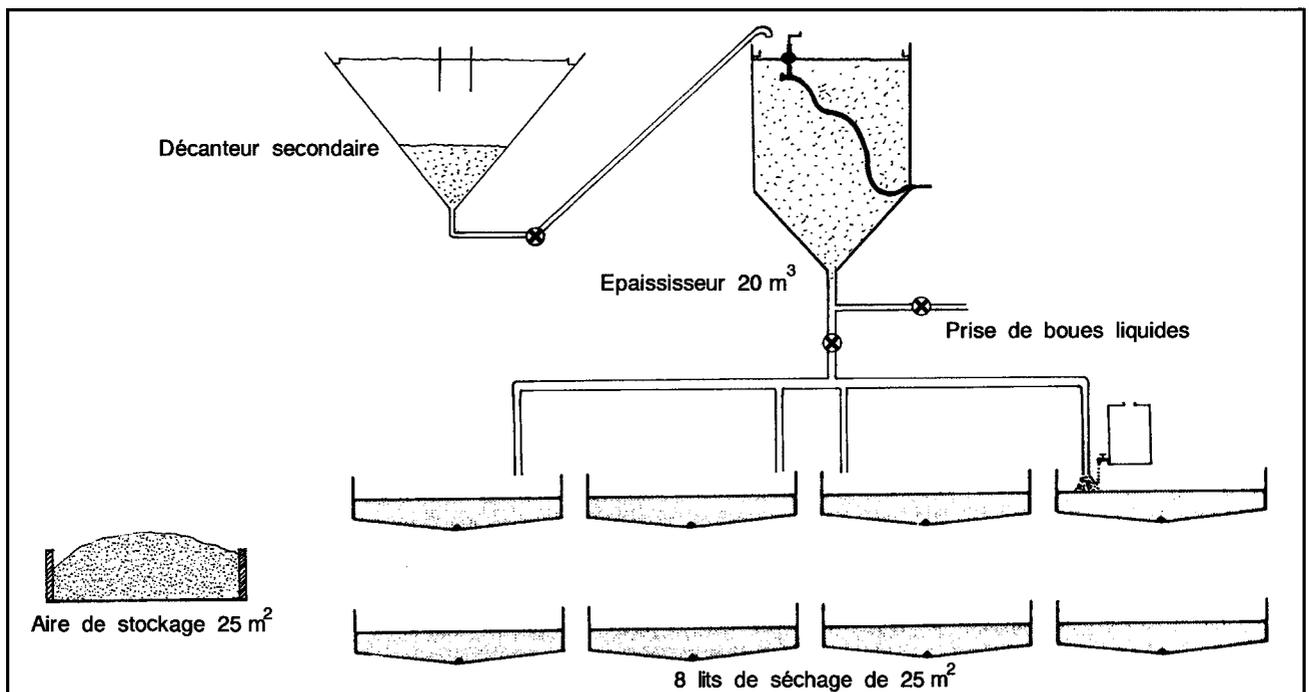


Figure 24 : Lits de séchage pour boues activées.