

Traitement et valorisation des boues par lits plantés de roseaux : bilans des réalisations françaises et danoises et perspectives d'avenir

Alain Liénard, Stéphane Troesch, Pascal Molle
Cemagref
Unité de recherche Qualité des eaux et prévention des pollutions
3bis, Quai Chauveau
CP 220, 69336-LYON Cedex 09

Le traitement des boues activées (BA) excédentaires par lits de séchage plantés de roseaux est pratiqué en France depuis plus de 10 ans.

Cette technique des lits de séchage plantés de roseaux a été initialement développée en Allemagne, au Danemark, aux Etats-Unis et elle est apparue en France au début des années 90 suite à des recherches conduites par le Cemagref à la demande de la SAUR.

Cependant, les performances obtenues en France ne sont guère satisfaisantes par rapport à celles escomptées et obtenues sur le même type de station au Danemark par exemple (où existent des stations de tailles sensiblement plus importantes, dont une qui traite 2 200 tonnes de MS par an de boues de diverses provenances, pour une population estimée à 120 000 équivalents-habitants [EH]) pour lesquelles des siccités de plus de 30 à 40 % ont été publiées.

Aussi, de nouvelles orientations tant au niveau du dimensionnement, de la conception des lits et de leur gestion sont à entrevoir et font actuellement l'objet de recherches au Cemagref.

1) Historique du développement du procédé en France.

Les lits de séchage non plantés ont été utilisés pendant de nombreuses années pour la déshydratation des boues. Aujourd'hui, leur utilisation est limitée car leurs performances souffrent des conditions météorologiques en hiver et leur gestion impose d'importantes contraintes d'exploitation puisqu'il faut enlever systématiquement les boues déshydratées et régaler la couche superficielle de sable avant de réaliser un nouvel apport de 50 à 60 cm de boues fraîches pour un nouveau cycle de déshydratation.

Aussi, dans les années 60-70, afin de prévenir les lits de séchage du colmatage, les allemands Seidel et Kickuth y plantèrent des roseaux. En France, des expérimentations menées sur trois pilotes de 20 m² chacun (Liénard et al., 1990) ont permis d'établir les premières bases de dimensionnement. Ces bases de dimensionnement ont relativement peu évolué au cours du développement de la technique initié par la SAUR dans le courant des années 90, puis copié ensuite par de nombreux autres constructeurs.

Aujourd'hui, en raison de la possibilité de stockage des boues pour une période initiale d'environ 5 ans et d'un relatif engouement pour les systèmes impliquant des végétaux, le procédé intéresse un nombre croissant de collectivités. On peut compter plus de 200 stations équipées de « lits de séchage plantés » actuellement en France dont la plus importante en taille est vraisemblablement celle de Honfleur (26 000 EH).

De même, face à la problématique de la gestion des matières de vidange, ce procédé a également été adapté pour ce sous-produit du traitement des eaux usées de l'assainissement non collectif (Liénard *et al.*, 1996) ainsi qu'au traitement de boues primaires régulièrement extraites en tête d'une lagune naturelle (Torrens *et al.*, 2006).

2) Avantages du procédé

Même dans un contexte où des marges de progrès restent à réaliser (obtention de meilleures siccités et minéralisation), cette filière de gestion des boues secondaires présente des critères techniques et financiers intéressants qu'il importe de ne pas perdre en améliorant son efficacité :

- soutirages réguliers des boues du bassin d'aération,
- excellent taux de capture avec des percolats peu chargés et non septiques,
- absence de nuisances olfactives,
- accumulation et stockage pendant 5 à 10 ans selon le nombre de lits et le taux de charge de la station,
- séchage, minéralisation et donc réduction du volume des boues,
- coûts de gestion faibles,
- relativement bonne intégration paysagère quand les lits sont partiellement enterrés ou que les parois sont construites en déblais-remblais et végétalisées.

3) Principe de fonctionnement, mécanismes en jeu

Le principe de séchage des boues sur lits plantés de roseaux repose sur la mise en place d'un massif filtrant reconstitué, de granulométrie croissante de la surface vers le fond et drainé, sur lequel des boues sont disposées et dans lequel des macrophytes se développent.

Autour de chaque tige de roseaux, il existe en permanence un anneau libre pour le passage de l'eau interstitielle de la liqueur mixte d'une boue activée alors que les MES (le floc) sont retenues en surface et s'accumulent progressivement. Dès lors qu'elle peut s'écouler le long des tiges, rhizomes et racines des roseaux, l'eau interstitielle va percoler au sein du massif pour être drainée à sa base et renvoyée en tête de station.

Le bon fonctionnement du procédé repose donc sur un développement dense des roseaux de manière à ce que l'eau puisse être évacuée en permanence et en tous points dans les lits. En été, les roseaux vont aussi accélérer la déshydratation par évapotranspiration.

Pour obtenir ces résultats, il est nécessaire de maintenir des conditions aérobies également propices à la minéralisation de la matière organique accumulée.

a) La filtration et les roseaux

La filtration des MES est assurée par la mise en place de matériaux de granulométrie adaptée pour retenir le maximum de matière organique à la surface des lits et éviter une pénétration excessive de particules au sein même du massif filtrant. Le colmatage de ce dernier nuirait au ressuyage et créerait des conditions anaérobies néfastes pour le développement des roseaux qui ne peuvent absorber les sels minéraux, nécessaires à leur croissance, que sous forme oxydée.

Pour limiter les coûts d'investissement, on vise à réduire les surfaces et à apporter la charge de boues la plus importante possible, ces dernières sont très organiques (teneurs en matières volatiles de l'ordre de 70 %) et fermentescibles. Les risques liés à un surdosage ou à une gestion approximative ne peuvent être ignorés, surtout en saison hivernale. Cette période est évidemment la plus délicate pour de multiples raisons :

- elle est peu propice au ressuyage (les précipitations peuvent être importantes et le gel bloque l'eau sous forme de glace ce qui empêche son écoulement),
- la partie aérienne des roseaux est flétrie et la continuité du ressuyage par la persistance d'un anneau libre à l'écoulement n'est donc pas assurée (les tiges sont couchées et l'effet de réalésage par les oscillations dues au vent sont minimales, voire absentes),
- enfin toute activité biologique est ralentie.

Si la partie aérienne des roseaux est flétrie, leur système racinaire est encore actif et il convient de le maintenir dans des conditions adaptées à la reprise de la croissance au printemps.

Il faut éviter une accumulation de boues trop importante que ne pourraient percer les jeunes pousses émises depuis les nœuds des rhizomes.

Pendant toute la traversée du stock de boues, avant qu'elles émergent à l'air et puissent démarrer leur activité photosynthétique, les pousses vivent sur les réserves accumulées par le système racinaire. En hiver, les racines doivent donc continuer à puiser leur nourriture, ce qui passe nécessairement par le maintien de conditions aérobies, au moins dans la couche drainante, d'où l'utilité de connecter cette dernière à l'atmosphère par des cheminées d'aération.

b) La minéralisation de la matière organique

La hauteur de boue accumulée doit être supérieure à un mètre pour espacer autant que faire se peut les vidanges. Il faut que les racines et rhizomes la colonisent et ne restent pas cantonnés aux seules couches drainantes du fond des lits (on comprend assez vite que chaque printemps, de nouvelles pousses ne pourraient repartir de la base du filtre après plusieurs années de stockage). Comme entrevu précédemment, il importe que la dégradation de la matière organique présente dans le stock de boue soit également aussi aérobie que possible pour permettre la minéralisation de celle-ci et la bonne croissance des roseaux.

Le volume de boues amené à chaque alimentation, la fréquence d'alimentation et la gestion des périodes de repos sont aussi des facteurs importants qui influent sur les cinétiques de minéralisation et le maintien de conditions aérobies propices à la croissance des roseaux.

Les percolats drainés par le réseau de drains au fond des lits sont renvoyés en tête de station d'épuration et il importe aussi qu'ils ne soient pas septiques pour ne pas favoriser le développement de certaines bactéries filamenteuses qui nuiraient au fonctionnement général de la station, et particulièrement à la clarification.

Enfin, la minéralisation, qui se traduit idéalement par des rejets d'eau, de sels minéraux dissous et de gaz carbonique, contribue également à la limitation du volume de boues à extraire et/ou à l'allongement d'un cycle de fonctionnement avant vidange.

4) Règles de dimensionnement et de gestion des lits conseillées

a) La conception et le dimensionnement des lits se fondent sur les points suivants :

- **Charge surfacique** : Après une période d'un an (deuxième période végétative) à demi charge ($25 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$) pour assurer une bonne croissance de roseaux, les lits sont alimentés à une charge de $50 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$, soit $140 \text{ MES.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$. Pour une station à boues activées en aération prolongée, si l'on admet une production spécifique de $35 \text{ g de MS.EH}^{-1}.\text{j}^{-1}$, cela correspond à une surface utile de 4 EH.m^{-2} (une telle surface est supérieure à celle des lits de séchage [traditionnels, non plantés] qui est généralement de 5 EH.m^{-2}), mais il est néanmoins plus sûr de dimensionner les lits sur la production totale de boue et la charge de $50 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$.

Le calcul de la production de boue doit être aussi précis que possible (inclure par exemple, la surproduction de boue induite par une éventuelle déphosphatation physico-chimique ou le dépotage de matières de vidange), mais les connaissances actuelles, encore limitées en France, ne permettent pas de différencier les types de boues ou de stations (boues activées en aération prolongée ou lit bactérien, par exemple).

Des charges surfaciques plus élevées réduisent les capacités de séchage et de renouvellement de l'oxygène et vont donc nuire au bon développement des roseaux. De surcroît, le temps de

stockage sera réduit et il faudra augmenter la fréquence de vidange et, in fine, les coûts d'exploitation. Ce que l'on peut escompter gagner d'un côté sera assurément perdu de l'autre, avec un risque de dysfonctionnement.

- **Nombre de lits** : La nécessité de mettre en place des périodes d'alimentation et de repos afin de minéraliser progressivement les dépôts accumulés résulte en une mise en place de plusieurs lits. Plus le nombre de lits sera élevé, plus la flexibilité sur le traitement et les performances de minéralisation et séchage seront élevées. Le nombre strictement minimal de lits à mettre en œuvre est de 4 (Liénard, 1999). Toutefois, dans ces conditions et à la charge nominale, la siccité des boues stockées ne pourra vraisemblablement pas excéder 15-20 % de matières sèche (contre 30-40 % annoncés par les constructeurs), ce qui représente, avec une revanche utile de 1,5 m au-dessus des couches filtrantes, une capacité d'accumulation de 5 ans.
- **Période de fonctionnement** : Afin d'éviter une surcharge organique et de permettre un bon développement des végétaux, les apports sont divisés par 2 lors de la première voire deuxième année de fonctionnement. Ensuite, les lits peuvent être alimentés à charge nominale pendant une période d'au moins 5 ans et plus suivant la hauteur de revanche, le nombre de lits mis en œuvre et le climat. L'expérience Danoise montre qu'une hauteur de revanche de 1,7 m et un fonctionnement sur 8 lits permet un stockage de 8 à 12 ans (Nielsen, 2002).
- **Conception des lits** : Les lits sont composés d'un massif filtrant étanche constitué de différentes couches de matériaux de granulométries diverses qui reposent sur un radier (cf. figure 1). Du bas vers le haut :
 - Couche de galets (15/30 mm – 30/60 mm) sur environ 15cm recevant également les drains d'aération.
 - Couche de transition (10 cm) d'une taille de particules intermédiaire (rattrapant la pente du radier) ou utilisation d'une géogrille.
 - Couche de gravier (4/8 mm) sur 20-30cm. Dans tous les cas, ce gravier doit être supérieur à du 2/5mm.
 - 5 cm de sable grossier ($d_{10} > 0,35\text{mm}$), pour retenir les particules des premières alimentations, à la surface.
- Une **pente** d'environ 0,5 % est nécessaire en fond de massif pour drainer correctement les percolats.
- Des roseaux *Phragmites communis* ou *australis*, sont plantés à une densité de 4 pieds par m² (1 plantule tous les 50 cm dans les 2 directions) sur le massif qu'ils colonisent progressivement avec d'autres tiges tout en développant un réseau complexe de racines et rhizomes. La période de plantation privilégiée est comprise entre avril et septembre.
- La couche drainante est mise en contact avec l'atmosphère via des cheminées **d'aération** afin que l'oxygène diffuse dans les interstices du milieu granulaire optimisant les nécessaires conditions de fonctionnement aérobie.
- **Système d'alimentation** : Les boues provenant directement du bassin aéré (produit homogène et parfaitement représentatif du taux de boue dans la station), après une séquence d'aération/homogénéisation (pompées loin de l'entrée des effluents dans le bassin d'aération et loin du retour de la recirculation), sont épandues en surface du lit en service, à raison d'une à deux séquences par jour. Le dispositif d'alimentation doit permettre une bonne distribution des boues sur la totalité du lit en service. Pour ce faire les pompes doivent absolument délivrer un débit supérieur à 0,25 m³.m⁻².h⁻¹. Pour ce débit d'alimentation minimal, il convient vraisemblablement de mettre en place un point pour 20 à 25 m² de surface de filtre, chacun des points étant équipé d'une plaque défectrice pour améliorer la répartition des boues et éviter les affouillements. Des débits

supérieurs permettent de couvrir de façon homogène des surfaces plus grandes mais il n'existe pas encore d'abaques pour codifier cet aspect.

En l'état actuel des connaissances, le dimensionnement appliqué en France (Liénard, 1999), sans distinctions géographiques (ce qui est vraisemblablement perfectible), est similaire à celui pratiqué au Danemark (Nielsen, 2003), malgré des conditions climatiques différentes.

Figure 1 : Coupe schématique d'un lit de séchage planté de roseaux avec construction en béton

b) Gestion

Des phases de repos sont essentielles à la fiabilité du système à la fois pour que :

- La siccité de la boue augmente, par simple ressuyage en hiver, auquel s'ajoute l'évapotranspiration dès que la partie aérienne des plantes se développe.
- L'oxygène puisse aussi pénétrer depuis la surface, dans la masse de boue, via des fentes de retrait qui se créent quand le produit se déshydrate, en plus des espaces libres autour des tiges.
- La minéralisation soit exclusivement aérobie, garantissant un stockage du produit sans dommage pour les roseaux eux-mêmes et l'environnement immédiat (odeurs), tout en minimisant l'accroissement de la hauteur du stock de boue.

Dans une configuration à 4 lits, le cycle d'alimentation sera d'une semaine de chargement suivi de trois semaines de repos. Il est conseillé d'allonger le cycle d'alimentation (2 semaines d'alimentation et 6 semaines de repos) pour obtenir de meilleures siccités dès lors que le stock de boues accumulé limite les risques de carence hydrique des plantes en saison estivale.

La mise au repos prolongée d'un lit, avant curage, permet bien sûr d'accroître les objectifs de siccité des boues (voir le chapitre "expérience danoise"). Les siccités obtenues seront évidemment meilleures si le curage est réalisé en été.

Enfin, lors du curage, une dizaine de centimètres de boue résiduelle est volontairement laissée au fond des ouvrages pour faciliter la repousse à partir des rhizomes restés en place. Cela

maintient une humidité suffisante pour les roseaux et on ne risque pas de déstabiliser les couches drainantes sous-jacentes avec l'outil de curage.

5) Situation actuelle en France et retour d'expérience

Une étude réalisée par Lesavre *et al.* (2002) sur un échantillon représentatif des stations de déshydratation de boues par lits de séchage plantés (capacité entre 200 et 12 000EH) a permis de dégager une image de l'état actuel du parc français, des règles de dimensionnement utilisées ainsi que des performances obtenues. Les principaux points en sont résumés ci-dessous :

a) Dimensionnement (tendances sur 120 stations)

Surface totale et hauteur des lits : Les lits sont dimensionnés (surface et hauteur de revanche) selon le volume de boues à stocker (calculé sur la quantité de matière sèche produite par la station), la siccité finale escomptée du produit et la durée de stockage selon les hypothèses suivantes :

- Production de 40gMS/j.EH (15kgMS/an.EH)
- 5 années de stockage des boues avec une siccité de 20%,
 - 5EH/m² (75kgMS/m².an) pour 2m de revanche
 - 4EH/m² (60kgMS/m².an) pour 1,5m de revanche

Nombre de lits : Le nombre de lits varie de 1 à 16 par station. Ce nombre évolue selon la capacité de traitement de la station d'épuration mais on note que la majorité en comporte quatre (Figure 2).

Aujourd'hui, dans le but d'accroître les performances, la plupart des constructeurs recommandent un minimum de 6 lits, même pour des stations de 1000EH.

Toutefois, dans un souci d'économie à l'investissement pour gagner des marchés, quelques constructeurs proposent également des dimensionnements à nombre de lits réduit (moins de 4), tout en garantissant des siccités de l'ordre de 30 % qui ne pourront être atteintes.

Figure 2 : Nombre de lits en fonction de la capacité de la station (données SAUR)

Surface spécifique : La surface moyenne des lits est de 100m². La plupart des lits recensés ont une surface comprises entre 60 et 120 m².

Une installation d'une capacité de 13 000EH avec huit lits de séchage plantés peut avoir une surface unitaire de lit jusqu'à 500m². S'ils sont réalisés en déblais-remblais, l'engin de curage

devra, à l'instar de ce qui se pratique au Danemark, pénétrer dans les ouvrages, sans endommager la géomembrane d'étanchéification.

La **pente au fonds des lits** doit être suffisante pour permettre l'évacuation des eaux infiltrées. Celle-ci varie entre 0,5 et 2% selon les constructeurs.

Pour faciliter les opérations de curage à l'aide d'une pelle mécanique, **la largeur des lits** est souvent limitée à 6 mètres (le recours à des pelles munies de longues flèches est économiquement réducteur). La longueur est ensuite adaptée en fonction de la surface requise.

Conception des casiers : La plupart des lits de séchage plantés sont hors sol. Ceux-ci peuvent également être semi ou totalement enterrés.

Les parois sont habituellement réalisées en béton, mais peuvent également être conçues en déblais-remblais et étanchéifiées avec une géomembrane. Ce dernier mode de conception, bien développé au Danemark, l'est encore peu en France.

Les **matériaux de filtration** présentent généralement des granulométries correctes et sans fines (éléments < 80µm) en quantité excessive.

L'aération passive de la couche de drainage, réalisée par des drains (ou un plancher drainant), connectée à l'atmosphère, est conseillée par les constructeurs pour limiter le développement de zones anaérobies dans la couche de boue même si l'efficacité de cette aération passive n'a pas été démontrée.

Macrophytes utilisés : En raison de sa résistance, *Phragmites communis* est l'espèce principalement utilisée pour ce type de procédé.

Mais certains entrepreneurs proposent ou testent des lits de séchage plantés avec *Phalaris arundinacea* (faux roseau ou "ruban de bergère"), *Scirpus lacustris* (jonc des chaisiers), *Typha latifolia* (massette à larges feuilles) ou *Typha angustifolia* (massette à feuilles étroites).

Les débits d'alimentation des lits, pour permettre une bonne répartition des boues sur l'ensemble de la surface du filtre s'échelonnent entre 0,3 et 0,6 m³.m⁻².h⁻¹. Ils sont donc supérieurs à la recommandation minimale formulée par le Cemagref (0,25 m³.m⁻².h⁻¹), ce qui est positif.

Les points d'alimentation se situent plus généralement le long des lits et plus rarement au centre. La position des points d'alimentation dépend fortement de la taille et de la géométrie des unités. Les entreprises proposent habituellement un point d'alimentation pour environ 50 m². En-dessous des points d'alimentation est positionnée une plaque déflectrice qui améliore la distribution des boues.

b) Performances

Les **siccités** moyennes de 27 lits mesurées sur 12 stations (capacités comprises entre 100 et 2 000EH) se situent entre 7 et 23%. La siccité moyenne est de 13%. Cependant, ces résultats dépendent fortement de l'historique d'alimentation des lits et des conditions météorologiques qui jouent une part prédominante dans la déshydratation.

Concernant la **minéralisation** des boues, on peut observer un gain de 10 à 15% sur le taux en matières volatiles en suspension (MVS) en fin de traitement.

c) Réutilisation du produit final

La destination normale des boues est l'épandage sur terrains agricoles à des doses établies en fonction des textes réglementaires et selon un plan d'épandage.

En l'état actuel des connaissances, tout risque de repousse des sections de rhizomes, même broyées par les engins d'épandage, ne saurait être écarté. Cependant des essais réalisés par le Service de la Qualité de l'Eau du Conseil Général du Loir et Cher à l'occasion de curages des stations de Cellettes et Onzain en juillet 2004 ont montré qu'aucune repousse n'était intervenue pour un épandage réalisé sur terrain sec et en période chaude prolongée.

Les conclusions sont plus nuancées dans un rapport de l'IRH qui a suivi les opérations de curage et d'épandage des boues de la station de la Baconnière (53) après vidange le 28/08/2002, mais les parcelles d'épandage avaient des sols hydromorphes. L'occurrence de repousses est cependant faible étant donné que 25 cas ont été observés sur les 7,5 ha de parcelles ayant reçu des boues. La grande majorité des cas de repousse intervient lorsque les boues sont enfouies peu après l'épandage. Un délai d'attente de 5 jours sur une des parcelles a permis de limiter la repousse à un seul pied sur 1,8 ha qui a reçu 2,57 t de MS à 19,8 % de siccité.

En conséquence, il est vivement conseillé de ne jamais épandre les boues sur des terrains humides et susceptibles de le rester après l'épandage et, dans l'attente de consignes plus claires, on prendra la précaution de laisser les boues et les morceaux de roseaux qu'elles contiennent au soleil, pendant au moins trois jours avant travail du sol. Il convient donc de demander une mesure dérogatoire au règlement sanitaire départemental, qui impose normalement l'enfouissement sous 24 heures.

d) Coût d'une station de lits de séchage plantés

i) Investissement :

Le coût d'investissement déterminé sur 18 stations de lits plantés se situe entre 150 €/m² et 450 €/m². Ce qui conduit, selon les critères de dimensionnement, à un coût spécifique compris entre 28 €/EH et 110 €/EH.

Le coût d'investissement d'un lit de séchage planté de roseaux est similaire à celui d'un silo de stockage de boues liquides.

ii) Exploitation

Les coûts d'exploitation se résument uniquement à l'extraction des boues lors de la phase de curage par un engin de type tracto-pelle (ou pelleteuse avec une flèche plus ou moins grande selon la configuration des lits), le transport et le type de destination des boues déshydratées.

Par exemple, le coût d'une opération de curage suivi d'un épandage sur terre agricole de 84m³ de boues, réalisé en 1998 sur la première station à lits plantés française, est revenu à 1540 €, soit 18 €/m³.

Les coûts observés à Onzain et Cellettes ses sont établis respectivement à 14,30 et 28,10 € TTC/m³ (avec le broyage préalable de la partie aérienne des roseaux pour améliorer la visibilité du travail de la pelle, dans ce dernier cas).

6) L'expérience danoise

L'expérience danoise, datant de plus de 15 ans, montre que le dimensionnement, la construction et la gestion des lits de séchage plantés, assurés correctement, permettent des périodes de fonctionnement de l'ordre de 10 ans, une déshydratation efficace par drainage et

évapotranspiration de l'eau (jusqu'à 40% de siccité) ainsi qu'une bonne décomposition de la matière organique (Nielsen ; 2002, 2005a).

L'analyse des concentrations en **pathogènes** dans la boue résiduelle (accumulation sur 1,20 m) d'une station danoise à 10 lits de séchage alimentée à une charge spécifique de 52 kg MS/m².an, après une phase de repos de 3-4 mois, montre un abattement de 6-7 unités log (Nielsen, 2005).

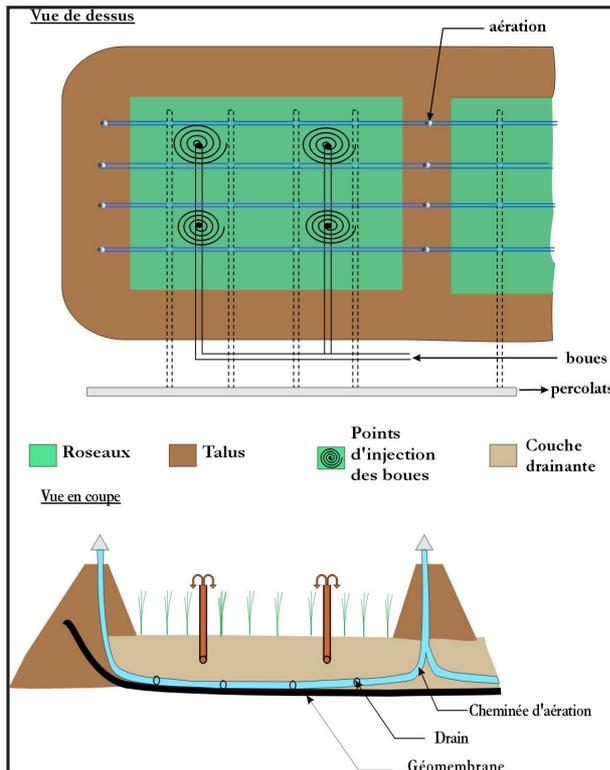


Figure 3 : Représentation schématique des lits de séchage construits au Danemark

Le dimensionnement et la construction d'une station par lits de séchage plantés de roseaux doit s'appuyer sur la qualité de la boue, la prise en compte des conditions climatiques, la composition de la première couche de filtration et le flux annuel de boues produites par la station d'épuration en tonnes de MS.

Expérience Danoise	Comparaison France
Charge surfacique: 60 kgMS.m ² .an ⁻¹ pour BA et 50 kgMS.m ² .an ⁻¹ pour Boues Digérées	Charge équivalente
60 à 70 ouvrages possèdent entre 1 à 7 lits, nombre jugé aujourd'hui insuffisant : 8 lits = un minimum	Nombre de lits très insuffisant (moyenne de 4)
Dans ces conditions de ressuyage, obtention d'une siccité de 20% et 40% si repos prolongé et évapotranspiration.	Siccité plus faible (15%)

Tableau 1 : Comparatif Danemark/France

Nielsen (2002, 2005a) a publié des bases de dimensionnement dont les principales recommandations sont résumées ci-après :

- Une période fonctionnement d'au moins 8 ans (en incluant la période de démarrage) avant la vidange du premier lit.
- Un cycle de 4 ans, par exemple, pour vidanger tous les lits.
- La capacité de traitement de l'installation doit être maintenue lors des cycles de vidange.
- La repousse des roseaux doit se faire sans replantation.

Les problèmes de fonctionnement des lits sont principalement dus à un mauvais dimensionnement et à un nombre de lits inadéquat. Ces problèmes sont couramment associés à des surcharges lors de la période de démarrage ou à des ratios entre périodes d'alimentation et de repos dans chaque lit, inadéquats au regard du type de boue et son aptitude à se ressuyer.

Une installation ne comportant que 4 à 6 lits ne permet pas d'étendre les périodes de repos sans compromettre le bon fonctionnement par des périodes d'alimentation excessivement

longues et chargées qui résultent en une couche de boues jeune, trop épaisse pour se ressuyer rapidement et qui s'accumule donc trop vite.

En revanche, un nombre élevé de lits (8 ou plus) permet également plus de souplesse en gestion, le(s) lit(s) qui est(ont) programmé(s) pour une prochaine vidange (nécessairement estivale) peut être mis au repos pour une période prolongée (en été, les autres peuvent supporter un surcroît momentané de charge) et, l'évapotranspiration étant à l'œuvre, la siccité augmente nécessairement.

Une telle procédure doit s'intégrer dans une stratégie de gestion prévisionnelle pour prévoir quel lit on vidangera en priorité (ce peut être par exemple, celui qui présente la meilleure densité de colonisation dans la 2ème année suivant la plantation). Si au début du fonctionnement, on essaie d'adapter les apports sur l'ensemble des lits à une fréquence qui ne mette pas en péril le développement des roseaux par stress hydrique, on peut ensuite prévoir le(s) lit(s) à vidanger en premier et ceux à surcharger de 20 à 30 % pendant les périodes estivales sans risque de préjudice.

Les autres auront donc une marge de réserve qui sera mise à profit :

- pendant l'arrêt de l'alimentation des lits à vidanger pour exacerber les pertes par évapotranspiration,
- pendant la phase de repousse des roseaux après extraction des boues entre mi-juillet et mi-août.

7) Champs d'investigations

L'optimisation du dimensionnement et de la gestion des lits fait actuellement l'objet de recherches qui portent sur les points suivants :

- Le nombre adéquat de lits à mettre en œuvre.
- Les charges surfaciques admissibles en fonction de la saison et du type de boues.
- L'optimisation de l'aération passive de la couche drainante connectée à l'atmosphère par des cheminées d'aération (actuellement, personne ne sait dimensionner et concevoir sur des bases scientifiques un réseau de canalisations/cheminées à installer).

A ces considérations s'ajoute également l'adaptation du procédé à différents types de boues :

- Les boues primaires (Torrens *et al.*, 2006) ou mixtes (primaires + secondaires).
- Le traitement spécifique des matières de vidange (MV) issues des fosses septiques (ou toutes eaux) de l'assainissement non collectif qui devient une préoccupation grandissante des collectivités.

Les recherches devront notamment se focaliser sur la granulométrie de la couche drainante superficielle en fonction du type de boues (les boues issues d'une BA sont floclées, alors que les matières de vidange issues de fosses septiques ne le sont pas et la rétention des fines particules est plus difficile sans risquer de colmatage avec un matériau plus fin en surface).

S'ajoute aussi la problématique de la valorisation du produit final se rapprochant ou répondant à la norme NFU 44-095 relative aux composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux.

Références bibliographiques

Lesavre, J., Iwema, A., (2002). Dewatering of sludge coming from domestic wastewater treatment plant by planted sludge beds, Proceedings, 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Arusha, Tanzanie.

Liénard, A., Esser, D., Deguin, A., Virloget, F. (1990). Sludge dewatering and drying in reed beds : an interesting solution ? General investigation and first trials in France. In : *Constructed Wetlands in Water Pollution Control (Adv. Wat. Pollut. Control n°11)*. Ed. Cooper P.F. and Findlater B.C. Pergamon Press, United Kingdom, 183-192.

Liénard, A., Duchène, Ph., Gorini, D., (1995), A study of activated sludge dewatering in experimental reed-planted or unplanted sludge drying beds, Water Science and Technoly, Vol 33, n°3, pp 251-261.

Liénard, A. and Payraastre, F., (1996) Treatment of sludge from septic tanks in a reed-bed filters pilot plant, Proceedings, 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Vienne, Autriche, pp. 1-9.

Liénard, A., (1999). Déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux. Ingénieries-EAT, n°17, pp 33-45.

Nielsen, S., (2002), Sludge drying reed beds, Proceedings, 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Arusha, Tanzanie.

Nielsen, S, (2005a). Sludge Reed Bed Facilities – Operation ans Problems, Water Science and Technoly; Vol 35 n°9, pp 99-107.

Nielsen, S., Willoughby, N., (2005b) Sludge treatment in reed bed systems and recycling of sludge and environmental impact. Paper presented to 10th european Biosolids and Biowaste Conference, UK.

Torrens, A, Molle, P., Boutin, C., Salgot, M., (2006). Association of Stabilization Ponds and Intermittent Sand Filters: an appropriate wastewater treatment system for small communities. Proceedings, 7th International Conference on Small Water and Wastewater Systems, Mexico.