

Lits de séchage de boues plantés de roseaux : fonctionnement et problèmes

Steen Nielsen

Le traitement des boues en lits de séchage plantés de roseaux est pratiqué au Danemark depuis 15 ans. L'expérience montre (Nielsen ; 2002, 2003) que le dimensionnement, la construction et la gestion, assurés correctement, autorisent une période de fonctionnement de 10 ans, une déshydratation efficace par drainage et évapotranspiration de l'eau ainsi qu'une bonne décomposition de la matière organique. En général, des périodes opérationnelles courtes et problématiques en termes de déshydratation de charges apportées, de développement des roseaux, de minéralisation et d'odeurs ainsi que d'un résiduel de boues de piètre qualité sont généralement associées à une mauvaise construction de la couche filtrante, à un nombre limité de lits et/ou une surface globale insuffisante. Une surcharge durant la période de démarrage et dans la période opérationnelle suivante sont aussi des erreurs de gestion caractéristiques. Le dimensionnement et la construction d'une station par lits de séchage plantés de roseaux doit s'appuyer sur une analyse de la qualité de la boue et particulièrement de son aptitude à la déshydratation, notamment une bonne connaissance de sa composition (par exemple, teneur en graisse, ratio entre partie organique ou non).

Les conditions climatiques doivent également être prises en compte pour le dimensionnement. La construction de la couche filtrante, et pas seulement la composition de la couche supérieure de plantation, a un effet important sur le processus de déshydratation. En plus de la détermination du

type de boues, le dimensionnement doit se faire en fonction de la connaissance du flux annuel de boues produites par la station d'épuration en tonnes de matière sèche :

- cette production croîtra-t-elle ou diminuera-t-elle dans le futur ?
- la comptabilisation des flux est-elle fiable ?
- quels types de boues seront réellement traités ?

Il est recommandé qu'une installation de traitement de boues par lits de séchage plantés de roseaux soit dimensionnée avec une capacité de 10 à 20 % plus grande que la production de boues estimée. Le dimensionnement démarre avec une charge surfacique en kg de matière sèche [MS].m⁻².an⁻¹ appliquée à la surface des lits. En termes opérationnels, les exigences suivantes constituent la base pour dimensionner une installation (Nielsen ; 2002, 2003) :

- une période de fonctionnement d'au moins 8 ans (en incluant la période de démarrage) avant la vidange du 1^{er} lit ;
- un cycle de 4 ans, par exemple, pour vidanger tous les lits ;
- la capacité de traitement de l'installation dans son ensemble doit être maintenue durant toute la période au cours de laquelle les lits sont successivement vidangés et remis en service ;
- la repousse des roseaux après vidange doit se faire sans replantation.

Les contacts

Hedeselskabet,
Environmental
and Energy A/S,
Ringstedvej 20,
DK-4000 Roskilde,
Denmark

Le fonctionnement

Au Danemark, la charge surfacique de traitement (kg de MS.m⁻².an⁻¹) a été extrêmement variable, tout particulièrement pour les 30 à 50 premières installations où la charge est parfois montée jusqu'à 100 kg de MS.m⁻².an⁻¹. Il est devenu rapidement évident que ces installations étaient surchargées. Par la suite, la charge surfacique s'est stabilisée autour de 50-60 kg de MS.m⁻².an⁻¹ (Nielsen ; 2002, 2003). En général, les installations de déshydratation de boues traitent des boues activées. Quelques-unes traitent un mélange de boues activées et de boues digérées par voie anaérobie. Au regard du type de boues, les charges maximales suivantes pour une installation à sa charge nominale sont recommandées : 60 kg de MS.m⁻².an⁻¹ pour des boues activées et 50 kg de MS.m⁻².an⁻¹ pour des boues digérées (Nielsen ; 2002, 2003). Soixante à soixante-dix installations au Danemark ont entre 1 et 7 lits. L'efficacité de la déshydratation et de la minéralisation est soumise à une alternance de périodes d'alimentation et de repos. On estime désormais qu'un minimum de 8 lits est nécessaire pour atteindre l'équilibre entre périodes d'alimentation et périodes de repos. Les installations ayant une capacité de traitement supérieure à 500 tonnes de MS par an ont généralement 8 lits ou plus. Les stations les plus grandes ont jusqu'à 10 à 18 lits. Une installation fonctionnant correctement avec

des boues activées doit avoir des courbes de ressuyage avec des pointes de débit marquées de l'ordre de 0,010-0,015 l.s⁻¹.m⁻² (Nielsen ; 2002, 2003).

Les problèmes opérationnels

Les installations de traitement des boues par lits de séchage plantés de roseaux en difficulté se caractérisent souvent par une croissance rapide du stock de boues dans les lits et de ce fait par une période de fonctionnement courte. À partir de l'expérience acquise au cours des 15 dernières années, les problèmes les plus récurrents sont les suivants : déshydratation médiocre, faibles développement et couverture spatiale des roseaux, dégagement d'odeurs et minéralisation insuffisante (tableau 1). Les symptômes signalent clairement qu'une installation est correctement construite et gérée sans surcharge. Souvent les signes d'un fonctionnement non satisfaisant apparaissent dans la végétation, le taux de siccité et la croissance du stock de boues dans les lits. Les végétaux souffrent et s'épuisent ; il en résulte des trous dans la couverture, pouvant parfois aller jusqu'à une complète disparition des roseaux. La déshydratation est insuffisante et se déroule très lentement (débits de ressuyage < 0,002 l.s⁻¹.m⁻²). Le profil de la courbe de ressuyage est plus ou moins constant, sans pic maximum en relation avec la charge hydraulique apportée. L'épais-

▼ Tableau 1 – Raisons des problèmes de fonctionnement constatés dans une installation de déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux.

Déshydratation insuffisante	<ul style="list-style-type: none"> • Boue et qualité du stock résiduel. • Surcharge durant la période de démarrage en général et aussi par la suite. • Charge inégalement répartie (kg de MS.m⁻².an⁻¹). • Manque de fiabilité dans les enregistrements de charge (kg de MS.m⁻².an⁻¹). • Absence d'outils ou modules d'enregistrement et exploitation insuffisante. • Instructions pour l'exploitation insuffisantes et manque d'expérience. • Surface totale et nombre de lits insuffisants. • Périodes d'alimentation de chaque lit trop longues et périodes de repos trop courtes. • Couche filtrante inadaptée (notamment couche de plantation des roseaux) et faible connexion capillaire. • Couverture végétale incomplète et végétation stressée. • Évapotranspiration à partir de l'eau stagnant sur les lits, au lieu du stock résiduel de boue.
Faible développement et couverture végétale	<ul style="list-style-type: none"> • Plantation à une densité insuffisante ou avec des jeunes plants immatures. • Développement non homogène des plantes, faible taux de reprise. • Absence de couche de plantation et infestation par des plantes parasites et des insectes. • Absence de plantation additionnelle pendant la période de démarrage si nécessaire. • Surcharge pendant la période de démarrage et sur des lits nouvellement plantés. • Surcharge générale et conditions anaérobies (production de méthane). • Déshydratation insuffisante et pas de repousse après vidange.

seur de la couche de boue croît rapidement et est une conséquence de la faible perte d'eau. Dans quelques cas de surcharge, on a pu voir un développement végétal satisfaisant, mais la déshydratation est si lente que la boue résiduelle est très humide ou qu'une couche d'eau permanente stagne en surface des lits. Ces constats ont typiquement pour causes :

- une construction défectueuse des bassins et en particulier de la couche filtrante,
- une charge annuelle excessive au cours de la période de démarrage et par la suite au regard du type de boue traitée,
- une alternance inadéquate entre périodes d'alimentation et périodes de repos, due à un nombre insuffisant de lits.

Déshydratation insuffisante

Une déshydratation insuffisante est très souvent due à la qualité de la boue apportée et à celle du stock sur les lits, une faible perméabilité de la couche de boue accumulée ou de la couche de plantations. Ce constat peut trouver son origine dans l'absence de connexions capillaires entre les couches constituant le filtre, et avec la couche de boue résiduelle sur le filtre. S'y ajoutent un développement végétal trop peu dense, et le cas échéant, des surcharges. Typiquement, dans des installations correctement drainées, le ressuyage continue jusqu'à ce que la boue atteigne un taux de siccité d'environ 20 % (Nielsen ; 2002, 2003). Dans quelques installations danoises, grâce à l'évapotranspiration, il a été possible d'atteindre une siccité de 40 % de la boue accumulée avant la période de vidange du lit. Cette aptitude est limitée si l'évapotranspiration se met en place à partir d'eau accumulée à la surface du lit ou à partir d'un résiduel de boue insuffisamment ressuyé (< 20 % de MS). Une utilisation non optimisée de l'évapotranspiration peut conduire à une faible déshydratation qui, en retour, peut se traduire par le développement de conditions anaérobies permanentes et un accroissement trop rapide de la couche de boue résiduelle qui raccourcit la période opérationnelle avant la vidange des lits.

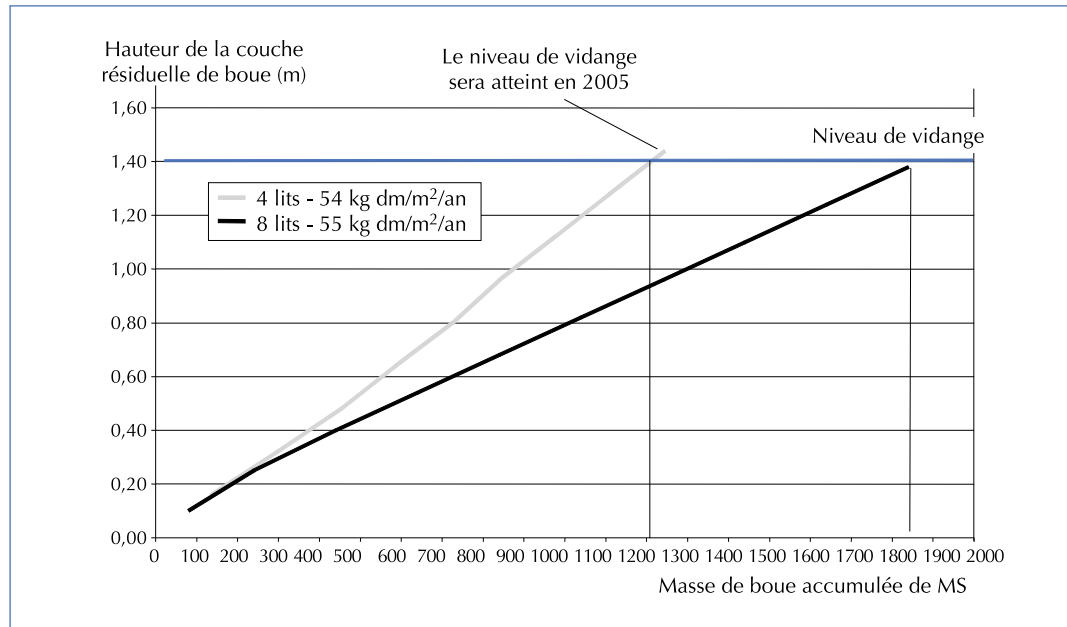
Surcharge, qualité de la boue et du résiduel sur les lits

La surcharge cause manifestement des problèmes d'exploitation (tableau 1). Des exemples d'installations traitant des boues activées à une

charge excessive et/ou trop peu de lits, souffrent de problèmes récurrents de fonctionnement. Une installation danoise qui est dimensionnée pour traiter des boues activées (420 t de MS.an⁻¹) est constituée de 8 lits totalisant une surface de 4 800 m², ce qui donne une charge surfacique de 88 kg de MS.m⁻².an⁻¹. Les lits ont été plantés avec des roseaux en avril 2002 et mis en service en juin 2002. L'installation a reçu 327 t de MS au cours de la 1^{re} année, ce qui représente une charge surfacique de 68 kg de MS.m⁻².an⁻¹. Bien que le nombre de bassins soit correct, la surface totale était insuffisante. Durant quelques périodes, l'alimentation se produisait quotidiennement sans alternance avec des phases de repos, alors qu'à d'autres moments, les périodes de repos étaient de seulement 2-3 jours. Après une année de fonctionnement, les roseaux étaient morts dans 3 bassins et n'étaient pas en bon état dans les 5 autres. Un stock de boue avec un taux de siccité d'environ 10-15 % s'était accumulé. L'alimentation a été stoppée début juillet 2003. L'épaisseur du stock de boue était en moyenne de 45 cm. Normalement, au cours de la 1^{re} année de démarrage, l'épaisseur de boue ne devrait pas excéder 10-15 cm (Nielsen ; 2002, 2003). En plus de la surcharge, l'installation avait des problèmes liés aux connexions capillaires entre les couches filtrantes et la couche de boue. La combinaison d'une faible fonction capillaire, d'une charge élevée et de courtes périodes de repos a entraîné une faible déshydratation et une teneur en eau élevée et permanente dans la couche de boue résiduelle.

Une autre installation danoise a été mise en service au printemps 1996 avec alimentation à pleine charge (*Personal communications*, 2). L'installation est composée de 4 lits ayant chacun une surface de 644 m². Elle est dimensionnée pour traiter 160 t de MS.an⁻¹ pour une période de 10 ans, ce qui représente une charge surfacique de 62 kg de MS.m⁻².an⁻¹. La production annuelle de boues est estimée à environ 135 t de MS. Durant 6 ans, entre 1997 et 2002, la charge surfacique a évolué dans une fourchette comprise entre 45 et 63 kg de MS.m⁻².an⁻¹. Les lits ont en moyenne été chargés à 54 kg de MS.m⁻².an⁻¹. La boue activée distribuée sur les lits a une teneur en MS comprise entre 0,5-4 %. De la mise en service de l'installation jusqu'à avril 2002, le mode d'alimentation était de 1 jour par lit, ce qui donnait à chaque lit une période de repos de 3 jours. À partir d'avril 2002, le mode d'alimentation a été modifié à 1 lit par semaine suivi de 3 semaines de

► Figure 1
– Accroissement de l'épaisseur de la couche de boue résiduelle pour des installations comportant 4 et 8 lits mis en service en 1992 et 1996 respectivement (Nielsen, 2002, 2003 ; *Personal communications*, 2).



repos. L'épaisseur du stock résiduel de boue était en moyenne d'environ 1,1 m en janvier 2004, représentant une croissance moyenne annuelle d'environ $0,16 \text{ m.an}^{-1}$ (figure 1). Un lit a été vidangé en juillet/août 2003. Si un autre lit est exclu de l'alimentation pour être vidangé, alors la charge en 2004 entraînera un accroissement du résiduel de boue dans les autres lits tel qu'ils atteindront le niveau maximum prévu. À partir de pronostics, à la fin de 2005, l'installation aura traité approximativement 1 200 t de MS alors qu'elle aurait dû normalement recevoir 1 600 t, comme cela était prévu dans son dimensionnement (figure 1). Une installation similaire dimensionnée sur les mêmes bases mais avec 8 lits, aurait pu traiter une charge maximale annuelle d'approximativement $55 \text{ kg de MS.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ sur environ 10 ans (Nielsen ; 2002, 2003), soit un total de 1 850 t de MS (figure 1).

Une 3^e installation danoise était dimensionnée pour traiter $220 \text{ t de MS.an}^{-1}$ de boues activées. Elle comporte 6 lits pour une surface totale de $3 800 \text{ m}^2$. Les lits ont été plantés avec des roseaux en octobre 2000 et mis en opération en 2001. Les charges suivantes ont été apportées sur cette installation : environ $20 \text{ kg de MS.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ en 2001, environ $46 \text{ kg de MS.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ en 2002 et $66 \text{ kg de MS.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ en 2003 (*Personal communications*, 3). Jusqu'à décembre 2002, les apports ont été quasi quotidiens et les périodes de repos

des lits comprises entre 5 et 10 jours. À partir de décembre 2002, les lits ont été alimentés pendant environ 6 jours et donc mis au repos pour environ 30 jours avant l'alimentation suivante. Après 3 ans de fonctionnement, les roseaux sont stressés et des trous dans la couverture végétale sont apparus dans tous les lits. L'épaisseur de la couche résiduelle de boue était de 0,60-0,70 m en avril 2004, ce qui représentait une augmentation de 20-25 cm.an^{-1} , avec une teneur en MS inférieure à 20 %. L'augmentation de l'épaisseur de la couche de boue était si rapide que la végétation ne pouvait s'adapter à une élévation trop rapidement changeante de la couche de boue résiduelle. Aujourd'hui, le développement des roseaux se limite à la surface originelle des lits. Ils n'ont pas progressé sur les parois des digues à partir de la couche de boues (figure 3). Normalement, durant une période de fonctionnement de 3 ans, une épaisseur de couche de boues limitée à environ 25-30 cm (Nielsen ; 2002, 2003) aurait dû se développer. Bien que la charge surfacique puisse être considérée comme plus ou moins correcte au regard de la surface des lits et de l'âge de l'installation, les trop courtes périodes de repos ont constamment entraîné un faible ressuyage d'environ $0,0009 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ et une teneur en eau élevée de la couche de boue résiduelle. Cette importante humidité du résiduel de boue joue un rôle de joint humide qui empêche l'aération. La couche de boue résiduelle est constamment

en anaérobiose, ce qui se traduit par des dégagements gazeux (figure 2B) et détériore l'environnement des roseaux et de divers animaux, notamment les vers de terre qui normalement vivent dans la couche résiduelle de boue.

Des études sur la production de méthane à l'installation de lits de séchage plantés de roseaux de Helsing (Danmarks Tekniske Universitet, 1998) démontrent que du méthane était produit à partir du résidu de boue humide dans les premiers jours suivant l'alimentation, jusqu'à ce que la couche de boue soit convenablement déshydratée. L'installation d'Helsing comporte 10 lits. Chaque lit est alimenté pour environ 7 jours, suivis de 50-70 jours de repos avant la prochaine alimentation. Il est important que chaque bassin reçoive une charge rapide durant une courte durée, suivie par une période de repos qui autorise une aération de la couche résiduelle de boue. Une condition nécessaire à une bonne aération est que la couche supérieure de la boue devienne craquelée au cours de la période de repos. Quand les premiers bassins à Rudkøbing furent vidangés après 10 ans de fonctionnement, des canaux visibles de 1-2 cm ont été observés. En plus, on voyait des ouvertures et des crevasses dans la couche résiduelle de boues qui étaient le fait de la dessiccation au cours des périodes de repos (Nielsen ; 2002, 2003). Si ces crevasses ne se développent pas à cause d'une déshydratation inefficace ou d'un résiduel de boue qui forme une couche étanche avec l'atmosphère, alors le risque d'anaérobiose est grand, avec formation de méthane qui inhibera la croissance des roseaux. Si la végétation manque ou si l'effectivité de la déshydratation est réduite, l'action mécanique des roseaux, qui doivent perforer et aérer le résiduel de boue, est aussi réduite. Ceci conduit à

une situation où l'anaérobiose est permanente. L'expérience acquise avec la distribution de boues primaires pré-aérées avec un âge de boues de 2 à 6 jours, a démontré que des conditions similaires d'anaérobiose se mettent en place à cause d'un type de boue qui forme une couche très étanche et relativement sèche, laquelle a été observée à Nakskov (10 lits) et Tidaholm (8 lits, 20 kg de MS.m⁻².an⁻¹ en 1998 jusqu'à environ 40-45 kg de MS.m⁻².an⁻¹ en 2002).

Après distribution, la boue résiduelle formait une couche continue comme une géomembrane qui était mince et dure. Cette couche était stable pour de longues périodes et seulement partiellement fissurée durant les périodes de repos. L'aération *via* la surface était réduite, et cela contribuait à des conditions anaérobies dans toute l'épaisseur de la couche de boue résiduelle. On pouvait observer une production de méthane et la croissance des végétaux était inhibée. La couche résiduelle avait l'apparence d'une géomembrane et était inhibante pour la croissance de nouvelles plantes qui avaient de la peine à émerger au travers d'une couche dure et résistante (figure 2 C-D). De telles conditions réclament une très longue pause pour briser la surface de la boue. Une telle couche étanche et sèche n'est pas normalement observée au cours du traitement de boues activées, où les conditions d'alternance créent une couche de boue ouverte et très craquelée.

La construction du filtre

Une construction correcte du lit et surtout des différentes couches filtrantes est un facteur décisif pour l'efficacité d'une installation de déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux. La composition de chaque couche constituant le filtre ainsi que les connexions

▼ Figure 2 – Structure et qualité de la couche de boue résiduelle. Installations danoises de lits de séchage plantés de roseaux : A : Rudkøbing ; B : (*Personal communications*, 3) ; C : Nakskov ; D : Tidaholm (Suède).



capillaires entre elles, spécialement entre la couche supérieure et le dépôt de boues qui s'accumule dans le lit, doit faire l'objet d'attention. Si la connexion capillaire entre deux couches est « cassée », une situation peut apparaître qui peut être qualifiée d'« eau suspendue » (*hanging water*). La pression descendante de l'eau dans une couche supérieure saturée est inférieure à la résistance imposée par le manque de connexion capillaire entre la couche supérieure et l'inférieure sous-jacente. De ce fait, l'eau est « suspendue » au-dessus des couches sous-jacentes au lieu de s'infiltrer. L'absence de fonction capillaire est due à une augmentation importante et inappropriée de la taille des pores du matériau filtrant utilisé dans les couches adjacentes.

UNE INSTALLATION NORVÉGIENNE DE TRAITEMENT DES BOUES PAR LITS DE SÉCHAGE PLANTÉS DE ROSEAUX À UN FILTRE COMPOSÉ DE 2 COUCHES DE SABLE

La couche supérieure comprend environ 90 % de sable grossier (0,25-2 mm) et environ 10 % de sable fin (< 0,25 mm). Cette couche représente la couche de plantation dans laquelle les jeunes plants de roseaux ont été disposés. Des mesures de flux de ressuyage dans cette installation ont révélé un drainage prompt (maximum environ 0,010-0,020 l.s⁻¹.m⁻²), immédiatement après, une alimentation du bassin, suivie d'une décroissance rapide de la vitesse de drainage. La perméabilité a été estimée entre 30 et 63 m.j⁻¹ (soit entre 3,5.10⁻⁴ et 7,3.10⁻⁴ m.s⁻¹), ce qui représente un temps d'infiltration dans les 15 cm d'épaisseur de cette couche de sable d'environ 4 à 7 minutes, respectivement. Ceci démontre que le flux au travers de cette couche de sable est correct. Des mesures de matière sèche dans le stock de boue résiduel ont été au maximum de 12-15 % de MS (*Personal communications*, 4). Ces résultats corroborent la notion présentée ci-dessus d'« eau suspendue ». Initialement, au cours d'une alimentation, la hauteur de boue apportée excède la résistance imposée par le manque de connexion capillaire, et la boue se ressue. Le drainage continue jusqu'à ce qu'un équilibre soit à nouveau atteint. La boue résiduelle est partiellement déshydratée.

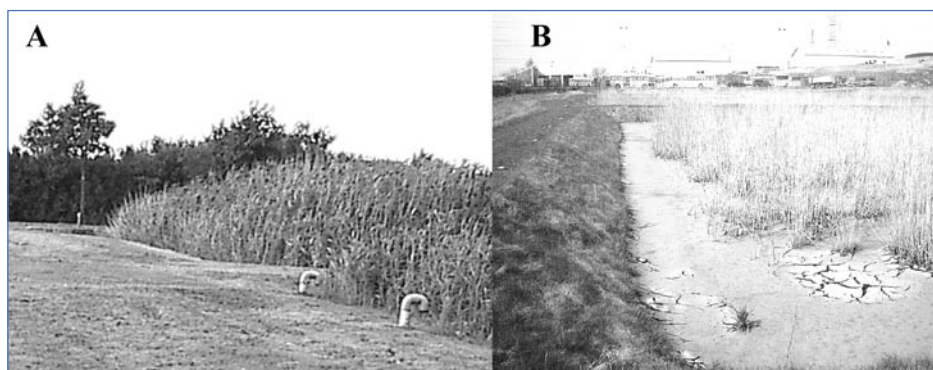
Quand l'« eau suspendue » est observée, l'explication peut ainsi être une absence de connexion capillaire entre le sable et la couche de boue résiduelle. Il s'agit d'un problème opérationnel qui a été constaté dans une installation danoise (*Personal communications*, 1). La couche de

plantation a été épandue directement sur une couche de galets (16-32 mm) et le drainage était très lent parce qu'il n'y avait pas de connexion entre le matériau de la couche de plantation et la couche de galets. Sur la station de Skive, le problème était la construction du filtre. Le matériau de la couche de plantation avait une teneur élevée (> 10 %) en fines particules (argile, limon et matière organique) qui entraînait un faible drainage (0,002 l.s⁻¹.m⁻²). En outre, la pousse des roseaux n'a pas été optimale et a empiré, le résultat en fut une végétation stressée et mourante partiellement aussi à cause d'une période de démarrage trop chargée (Nielsen ; 2002, 2003). L'amélioration du drainage suite à des erreurs de conception/construction d'un filtre est difficile et coûteuse. Généralement, la couche de boue résiduelle et les couches de matériaux supérieures doivent être enlevées. Le filtre doit être reconstruit avec un nouveau matériau de plantation, et de nouveaux roseaux doivent être replantés.

Faible croissance des roseaux et couverture végétale insuffisante

Il est important que les roseaux soient placés dans les meilleures conditions pour s'établir et croître. De plus, le nombre de plants doit être suffisant pour permettre une rapide couverture de l'ensemble de la surface des lits en une ou deux saisons de pousse (Nielsen, 2002). Les roseaux contribuent à améliorer le drainage de la boue (figure 4A). Quand cette dernière est bien ressuyée jusqu'à approximativement 20 % de MS, le processus de déshydratation continue *via* l'évapotranspiration jusqu'à ce que le taux de siccité atteigne environ 40 %.

La capacité de déshydratation de lits de séchage plantés de roseaux est maintenue et amplifiée par ces derniers grâce à l'activité mécanique qu'ils exercent dans la couche de boue et le filtre. Cette action mécanique met en jeu les tiges et les rhizomes, qui bougent sous l'effet de leur croissance au travers des différentes couches et sous l'effet des mouvements de la partie supérieure soumise au vent. Ces mouvements préviennent le colmatage et maintiennent la perméabilité dans la couche de boue et le filtre qui, en retour, maintient l'efficacité du ressuyage (Nielsen, 2002). La surcharge et le drainage insuffisant de la couche résiduelle de boue entraînent un faible développement végétal, particulièrement au niveau des racines et rhizomes dans la couche de boue résiduelle

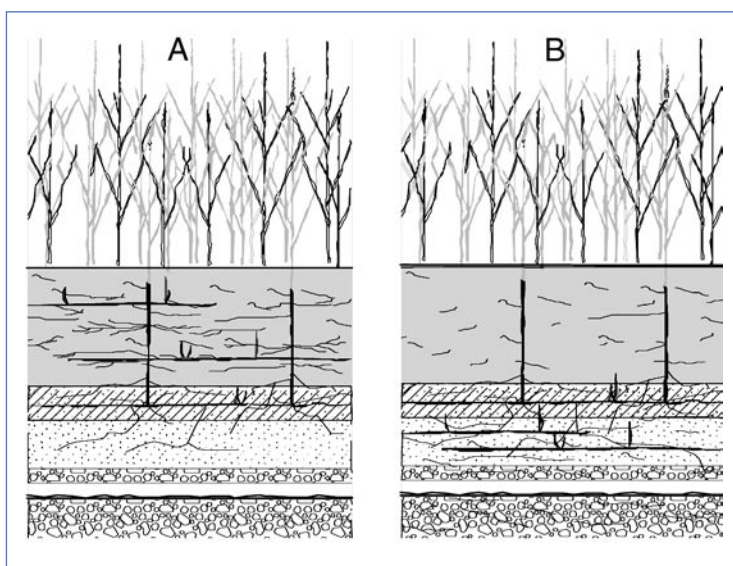


◀ Figure 3 – Roseaux.
A : végétation bien développée dans la couche de boue résiduelle et sur les côtés des bassins.
B : végétation absente sur les parois inclinées.

(figures 3B et 4B), parce que l'épaisseur de la couche de boue s'élève trop rapidement. Dans quelques installations, on ne trouve quasiment pas de racines et rhizomes dans la couche de boue. La végétation s'établit elle-même dans le lit et développe seulement des tiges souterraines au travers d'une couche de boue résiduelle humide, de telle sorte que les lits peuvent apparaître comme bien colonisés par les roseaux qui couvrent la surface de façon relativement correcte.

Discussion

Les dimensions d'une installation de déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux doivent tenir compte du type de boue, car cela détermine le ratio entre les périodes d'alimentation et de repos. L'expérience a montré qu'un nombre insuffisant de lits (moins de 8) génère souvent des problèmes de fonctionnement et des courtes périodes d'accumulation/déshydratation et minéralisation avant une nécessaire période de vidange. Souvent le résiduel de boue est faiblement drainé et anaérobie. Deux installations avec la même surface totale, mais avec respectivement 4 et 8 lits par exemple, vont produire des volumes de boue résiduelle différents, et de ce fait auront des périodes de fonctionnement opérationnel différentes. Une caractéristique commune à beaucoup d'installations danoises est que leur période d'alimentation est comprise entre 2 et 8 jours. Les installations avec une période d'alimentation maximale possible de 5 jours doivent typiquement comporter 10 lits et donc autoriser une période de repos d'environ 40 jours. Une installation avec 8 lits, où il est possible de charger un lit pendant 7 jours, aura de ce fait la possibilité d'être au repos pendant 7 semaines avant une nouvelle alimentation (Nielsen ; 2002, 2003). Les conditions de fonc-



tionnement et les aptitudes sont donc différentes d'une installation à l'autre. Une installation avec par exemple 8 à 13 lits et une période d'alimentation de 4 à 10 jours a un repos de 2 à 2 mois 1/2 qui autorise une bonne évapotranspiration, minéralisation et *in fine* une bonne qualité de la boue résiduelle. Des installations conçues pour une charge surfacique de 30-40 kg de MS.m⁻².an⁻¹ et un nombre de lits compris entre 6 et 10 ont pu avoir de longues périodes de fonctionnement avant vidange. L'installation de Nakskov est la plus âgée et est maintenant dans sa quatorzième année de fonctionnement avec un pronostic de 3 années supplémentaires avant qu'une vidange ne soit nécessaire. À Rudkøbing (8 lits et 55-58 kg de MS.m⁻².an⁻¹), la vidange a dû démarrer dans la 10^e année de fonctionnement et elle sera terminée en 2005, 13 ans après la mise en service. Nombre d'installations ayant une charge surfacique maximale comprise entre 45-60 kg de

▲ Figure 4 – Roseaux.
A : racines et rhizomes dans une couche de boue accumulée.
B : racines et rhizomes dont le développement est limité au matériau filtrant.

MS.m⁻².an⁻¹ ont eu des problèmes à cause d'un nombre de lits insuffisant, typiquement 4 à 6. Un nombre trop faible de lits rend impossible un ratio correct entre périodes d'alimentation et de repos, qui entraîne des surcharges. Une faible charge surfacique n'est donc pas nécessairement suffisante pour assurer une déshydratation suffisante et une minéralisation de la boue si l'installation n'a pas assez de lits. Un nombre insuffisant de lits ne permet pas d'obtenir des périodes de repos longues (minimum 30 jours). Si on augmente le nombre de jours de la période d'alimentation, la quantité de boues apportées va excéder le volume adéquat pour le type de boues à traiter (Nielsen ; 2002, 2003).

Conclusions

Généralement, les installations à lits de séchage plantés de roseaux qui ont des problèmes de fonctionnement ou qui ne peuvent atteindre leurs objectifs sont incorrectement dimensionnées et construites avec trop peu de lits. Ces problèmes sont couramment associés à des surcharges au

cours de la période de démarrage et souvent aussi par la suite. La construction du filtre est importante en termes de composition des couches prises individuellement, mais aussi au regard des connexions capillaires entre les couches de matériaux, tout particulièrement entre la couche supérieure et la couche de boue résiduelle. La réduction du volume de boue sur une période de 10 ans dépend aussi d'un bon ratio entre périodes d'alimentation et de repos dans chaque lit. De plus, le nombre de jours d'alimentation doit être ajusté au type de boue et à son aptitude à ressuyer. L'alimentation d'un lit après plantation dépend du développement des roseaux et du degré de couverture qu'ils occupent par rapport à la surface totale de ce lit. L'alimentation doit être planifiée de telle sorte qu'elle n'inhibe pas l'établissement des roseaux et que l'accroissement de hauteur de la couche de boue ne soit pas trop rapide pour que les roseaux puissent coloniser convenablement le résiduel de boue horizontalement et verticalement. Normalement, une installation alimentée pendant 5 jours consécutifs doit être constituée de 10 lits pour autoriser une période de repos d'environ 40 jours. □

Résumé

Des périodes opérationnelles trop courtes, des siccités insuffisantes, des insuffisances de développement de végétaux, des problèmes de minéralisation et d'odeurs sont essentiellement dus à une construction incorrecte des lits, un drainage insuffisant lié à la présence de franges capillaires, un nombre de lits et/ou une surface utile insuffisante, des surcharges pendant la période de reprise des roseaux ou ultérieurement. Le dimensionnement doit s'appuyer sur la qualité de la boue, y compris ses aptitudes à la déshydratation et pas seulement sur les objectifs de quantité de boues produites. La charge appliquée après plantation doit être dosée en fonction du développement végétal des roseaux. Le programme de chargement doit vérifier que la colonisation des roseaux n'est pas contrariée par l'augmentation trop rapide de l'épaisseur du stock de boues dans les lits et que ce dernier est uniformément réparti sur toute la surface. Des surcharges entraînent l'anaérobiose et une production de méthane. Typiquement, une installation de lits de séchage plantés de roseaux avec une période d'alimentation de 5 jours doit comprendre 10 lits pour permettre une période de repos d'environ 40 jours. Des installations à 8 lits où il est possible d'alimenter 1 lit pendant 7 jours doivent avoir 7 semaines de repos avant d'alimenter à nouveau ce lit. Des installations avec par exemple 8 à 13 lits et des périodes d'alimentation de 4 à 10 jours peuvent être mises en repos pendant 2 à 2,5 mois, ce qui entraîne une évapotranspiration et une minéralisation optimales. Les conditions et les possibilités de séchage varient selon le type de boues traitées.

Abstract

Short operating periods and problems with dewatering efficiency, vegetation, mineralisation and odour are primarily caused by incorrect construction of the filter, poor capillary connections, an inadequate number of basins, insufficient basin area and overloading during commissioning and during subsequent operation. Dimensioning should be based on the sludge quality including the dewatering qualities and not solely on calculations of the sludge production. Loading after planting depends on the development level of the vegetation. The loading program should ensure that reed establishment is not impeded and should prevent the sludge residue from growing so quickly horizontally and vertically that the reeds cannot colonise the sludge residue. Overloading results in an anaerobic sludge residue with ensuing methane production. Typically, a sludge reed bed facility with a loading period of maximum 5 days, must be built with 10 basins to permit a rest phase of about 40 days. Facilities with 8 basins, where it is possible to load 1 basin for 7 days, will be able to have a 7-week rest phase before the first basin is loaded again. Facilities with for example 8-13 basins and loading period of between 4 and 10 days are able to achieve rest periods of up to 2 to 2 1/2 months, which results in the optimal evapotranspiration and mineralization. The conditions and thus the possibilities vary depending upon the type of sludge.

Bibliographie

NIELSEN, S., 2003, Sludge Drying Reed beds, *Water Science and Technology*, vol. 48, n° 5, p. 101-109.

NIELSEN, S., 2002, *Sludge Drying Reed beds*, Proceedings of the International Conference on the use of Constructed Wetlands in Water Pollution Control, held in Arusha, Tanzanie, 16-19 septembre.

Danmarks Tekniske Universitet, 1998, *Vurdering af methanemissionen fra 4 forskellige slamopbevaringsmetoder* (en danois).

Personal communications (1, 2, 3, 4).