

TRAITEMENT DES BOUES DE LA STEP DE BOULARI (TRANCHE1 : 4500 EH) PAR RHIZOCOMPOSTAGE



Lits plantés de roseaux : step de Rivière Salée

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1. LE RHIZOCOMPOSTAGE : ASPECTS GENERAUX	6
1.1 DESCRIPTION DU PROCEDE	6
1.2 LES ROSEAUX : INTERET POUR LE TRAITEMENT DES BOUES	6
1.2.1 Description de la plante	6
1.2.2 Principales propriétés des roseaux	9
2. DIMENSIONNEMENT	12
2.1 SURFACE A PREVOIR	12
2.2 NOMBRE DE LITS	12
2.3 CARACTERISTIQUES DES LITS	13
2.3.1 Caractéristiques géométriques	13
2.3.2 Soubassement	13
2.3.3 Point d'alimentation	13
2.4 ALIMENTATION EN BOUES	14
2.4.1 Origine des boues	14
3. EXPLOITATION	15
3.1 MISE EN SERVICE	15
3.1.1 Plantation des roseaux	15
3.1.2 Entretien des roseaux jusqu'à la repousse	15
3.1.3 Premières alimentations en boue	15
3.2 EXPLOITATION COURANTE	15
3.2.1 Choix d'une stratégie d'alimentation en boues	15
3.2.2 Consignes d'exploitation	16
3.3 PERFORMANCES ATTENDUES	16
3.3.1 Réduction du volume des boues	16
3.3.2 Elimination de l'eau	18
3.3.2.1 Vitesse de drainage	18
3.3.2.2 Qualité des percolats	18
3.3.3 Qualité des boues	18
3.4 CURAGE D'UN LIT	19
3.4.1 Extraction du compost	19
3.4.2 Destination du compost	19
3.4.3 Remise en service	19
4. ASPECTS FINANCIERS	20
4.1 COUTS D'INVESTISSEMENT	20
4.2 COUTS D'EXPLOITATION	20
4.3 COMPARAISON DES FILIERES	20
CONCLUSIONS	21

INTRODUCTION

La gestion des boues représente une source de problèmes et un poids financier considérable pour les communes dotées de petites stations d'épuration d'eaux résiduaires urbaines. En effet, la dégradation de la qualité de l'eau traitée est souvent liée à la difficulté d'extraire convenablement les boues. D'autre part, la gestion des boues déshydratées induit souvent des coûts d'exploitation importants liés au procédé de séchage mais aussi à la mise en décharge. L'absence, le sous-dimensionnement ou l'inadéquation des filières de traitement (silo de stockage trop petit, lits de séchage utilisés dans des conditions climatiques défavorables,...) induisent une augmentation de la concentration en biomasse dans le bassin d'aération qui favorise l'apparition des bactéries filamenteuses et les risques de pertes en matières en suspension lors d'à-coups de charge hydraulique. La mise en place d'un procédé de traitement par lits de séchage plantés de roseaux ou **rhizocompostage** (*i.e* lit de séchage planté de roseaux de type « *phragmites australis* ») apparaît alors comme une alternative très intéressante pour pallier à ces problèmes et permettre des économies de coût d'exploitation non négligeables.

En effet, nous avons retenu dans notre offre de base le procédé de séchage des boues par rhizocompostage pour les raisons principales suivantes :

- Meilleure **stabilisation des boues**,
- **Exploitation plus aisée et moins coûteuse**,
- Intégration complète du paramètre **écologique** (recyclage des boues et de l'eau) et de **l'aspect paysager**,

Cette technologie d'origine allemande s'apparente aux systèmes d'infiltration percolation sur massif filtrant planté de roseaux qui sont de plus en plus utilisés dans le domaine du traitement des eaux résiduaires des très petites collectivités (Gray *et al.* 1995, Haberl *et al.* 1995, Boutin *et al.* 1997, Cooper *et al.* 1997, Schönerklee *et al.* 1997). Les boues sont extraites directement du bassin d'aération et sont amenées en surface du lit. Le massif filtrant de ce dernier est constitué de couches successives composées d'une partie inférieure drainante et aérée avec des galets et d'une partie supérieure filtrante avec du sable qui permet le passage des eaux provenant du drainage des boues. Il est impératif de disposer entre ces deux types de matériaux un géotextile afin d'éviter la « migration » du sable fin vers la zone de drainage de galet et ainsi de colmater le lit. Les roseaux sont plantés directement sur toute la surface du massif filtrant. Ils développent rapidement un système racinaire qui constitue un véritable réseau de drainage. Les boues peuvent donc s'égoutter très rapidement. Un radier assure la collecte des filtrats ou percolats qui sont renvoyés en tête de station pour éviter toute pollution du milieu naturel. La matière organique des boues est ensuite utilisée par les roseaux pour assurer leur croissance. Cette étape peut être assimilée à une minéralisation ou compostage. Un lit de séchage planté de roseaux convenablement dimensionné est utilisable pendant environ cinq ans sans évacuation et peut donc réduire fortement les coûts d'exploitation liés à la gestion des boues.

Utilisé d'abord en Allemagne, puis au Danemark et aux Etats-Unis, ce procédé est apparu en France au début des années 90 suites à des recherches conduites par le Cemagref et la SAUR. On peut compter plus de 200 stations équipés de lits plantés de roseaux qui fonctionnent déjà avec succès en France (Liénard *et al.* 1995, Liénard 1996). La Calédonienne Des Eaux a suivi ce mouvement et est la seule en Nouvelle Calédonie à avoir mis en place une déshydratation par rhizocompostage sur la step de Rivière Salée (voir photo ci-après) depuis 2002.



Lits plantés de roseaux : step de Rivière Salée

Cette solution est utilisée avec succès en Polynésie Française par Lyonnaise Des Eaux sur des stations d'épuration de taille conséquente comme à Bora-Bora, Faanui et Povai (10 000 eH chacune : voir photo ci-après) et d'autres plus petites unités.



Lits de roseaux de Faanui en construction

Calédonienne Des Eaux a également obtenu depuis le mois d'Octobre 2007 le chantier de réhabilitation et transformation en lits plantés de roseaux de 8 lits (sur un total de 16) de séchage « classique » (520 m²) de la step Base-vie de Goro Nickel (voir photos ci-après). Cette réalisation a été décidée et mise en place avec l'industriel, en complément du chantier actuel de réorganisation complète de la gestion des eaux usées, afin de permettre une réduction significative des boues envoyées vers l'ISD de Gadji et d'obtenir à terme (4 à 5 ans) un produit valorisable en tant que compost pour les programmes de revégétalisation.



Mise en place des drains



Remplissage des lits



Mise en service avant bouturage

Il est important de souligner que cette variété de phragmites est endémique à la Nouvelle Calédonie mais le CDE dispose de l'agrément d'importation (voir document en annexe). L'expérience Suez Environnement permet d'affirmer qu'il n'y a aucun risque de dissémination ou de colonisation du milieu naturel. Il faut également noter que les roseaux « phragmites australis » sont des plantes essentiellement aquatiques ce qui réduit d'autant le risque de reviviscence dans des environnements de type non aquatique lors par exemple d'utilisation du compost.

L'objectif de ce présent document est d'explicitier l'intérêt de l'option traitement des boues par rhizocompostage à la place d'une déshydratation mécanique au travers des éléments clés concernant le principe, le dimensionnement, l'exploitation et le coût (investissement et exploitation) de ce procédé.

1. LE RHIZOCOMPOSTAGE : ASPECTS GENERAUX

1.1 DESCRIPTION DU PROCEDE

L'utilisation des végétaux aquatiques dans le traitement des eaux résiduaires urbaines n'est pas nouvelle car les premières études ont été réalisées au Max Planck Institute en Allemagne par Seidel dans les années 60 (Liénard *et al.* 1995). En France, ils ont été introduits de façon assez massive dans les lagunes à macrophytes puis utilisés pour le traitement des eaux usées des petites collectivités par infiltration percolation. Ce n'est qu'au début des années 80 que la technique de rhizocompostage a vu le jour dans les pays d'Europe du Nord (Nielsen ?) avant de gagner les Etats-Unis (Mellstrom *et al.* 1994, Kim *et al.* 1997) puis la France par l'intermédiaire de la SAUR et du CEMAGREF de Lyon (Liénard *et al.* 1995). Ce type de traitement des boues est implanté généralement sur des installations de petites tailles (inférieures à 5 000 eH).

Le principe du procédé de rhizocompostage est illustré par la figure 1. Le lit de séchage est composé d'un massif filtrant constitué de différentes couches de sable de granulométries différentes qui reposent sur un radier. Ce massif est parcouru de drains afin de collecter les percolats ou filtrats. Des roseaux de type *Phragmites communis* sont alors plantés sur le massif qu'ils colonisent en développant un réseau complexe de racines (rhizomes) assimilable à un réseau de drainage. Une vue d'ensemble du procédé est fournie par la figure 2.

Les boues provenant directement du bassin d'aération sont épandues en surface du lit selon des cycles alternant périodes de repos et périodes d'alimentation. Lorsqu'une dose de boues est appliquée, les rhizomes qui colonisent le support du lit vont structurer les boues et donc favoriser le drainage du percolat, une aération du milieu, une humidification de la masse et donc permettre une stabilisation des boues par compostage.

1.2 LES ROSEAUX : INTERET POUR LE TRAITEMENT DES BOUES

Un certain nombre de plantes de marécages peut se développer dans un environnement équivalent à celui des boues de stations d'épuration. Parmi celles-ci, les roseaux de type *Phragmites australis* ou *Phragmites communis* présentent un certain nombre d'avantages qui font d'eux une des plantes les plus adaptées pour le traitement des boues. (Baptiste *et al.* , 1994, De Maeseneer. *et al.* 1997) :

1.2.1 Description de la plante

Les roseaux communs (*Phragmites australis*, *Phragmites communis*...) constituent, parmi le groupement des héliophytes (groupe de plantes vivaces), l'espèce la plus largement répandue (du fait de sa grande tolérance aux variations des plans d'eau) et la plus communément exploitée par l'homme. Le roseau est constitué (figure 3) :

- d'un appareil végétatif souterrain très ramifié : **le rhizome**, qui porte à chacun de ses noeuds de nombreuses racines. Ce rhizome est très développé et se comporte comme une véritable tige souterraine.
- d'une tige robuste et rigide, riche en cellulose et en silice, pourvue elle aussi de noeuds. Sa longueur varie de 1,5 à 4 mètres et son diamètre de base de 0,5 à 1,5 centimètre. La tige est surmontée d'une inflorescence en forme de panicule longue de 10 à 40 centimètres. A chaque entrenoeud, prend naissance un limbe à bords coupants.

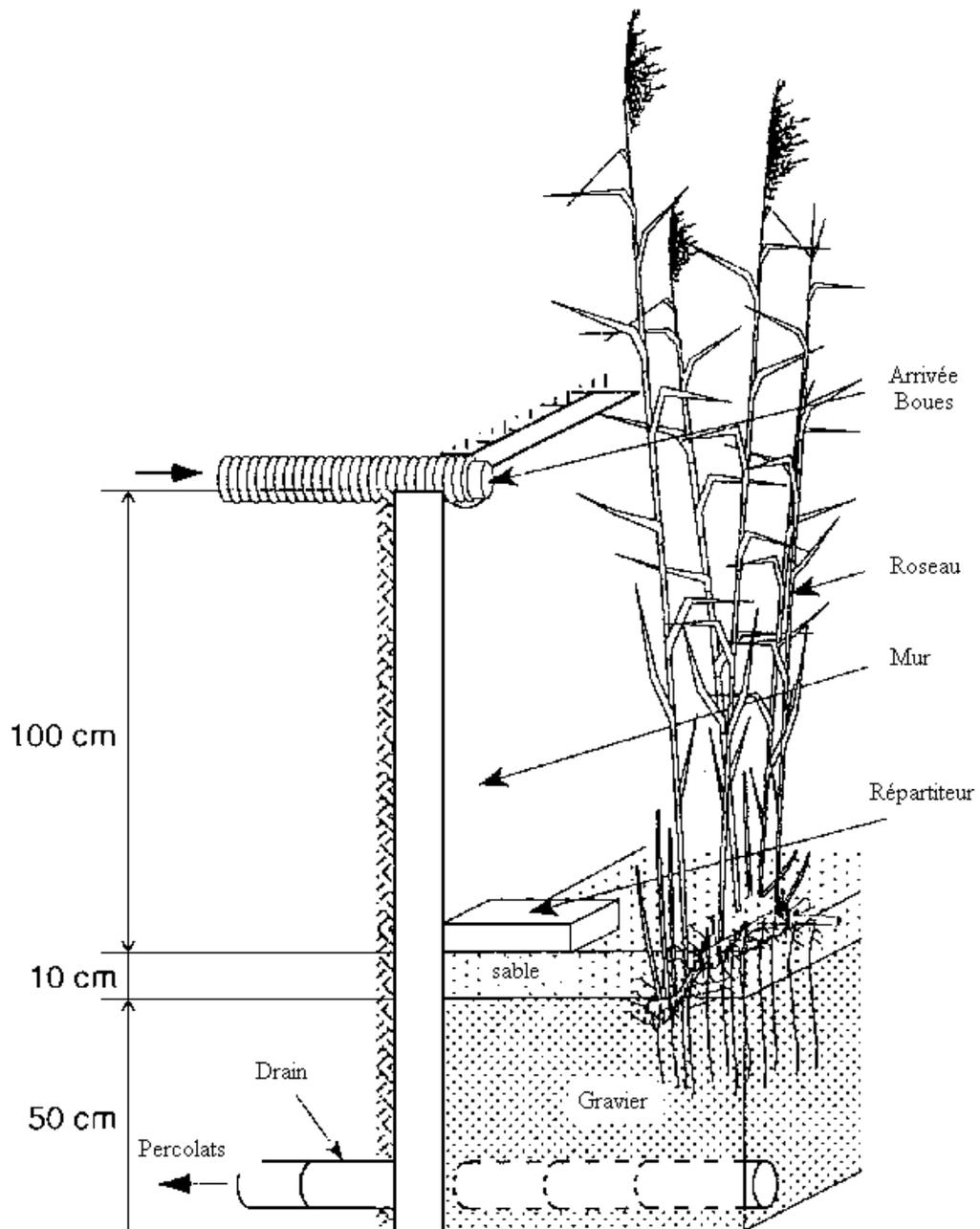


Figure 1 : Schéma de principe d'un lit de rhizocompostage (d'après Obarska-Pempkowiak *et al.*, 1997)

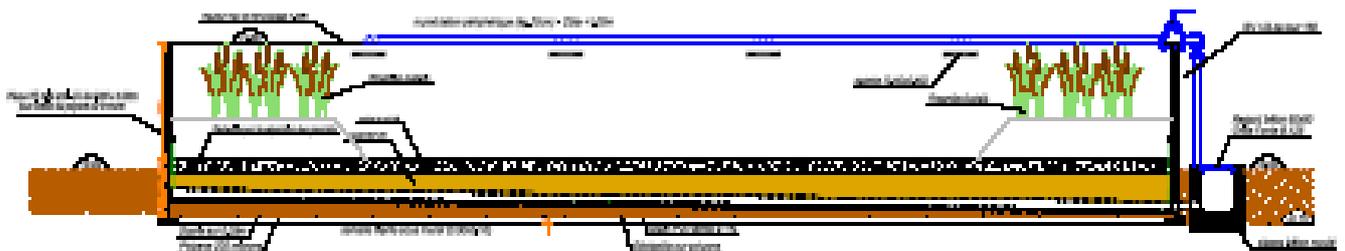




Figure 2 : Vue d'ensemble d'un procédé de rhizocompostage



Figure 3 : Schéma de *Phragmites communis*

1.2.2 Principales propriétés des roseaux

Les roseaux présentant un certain nombre de propriétés favorables pour son utilisation pour le traitement des boues (X, 198?, Baptiste *et al.*, 1994, De Maeseneer. *et al.* 1997) :

- **Croissance rapide**

Pour une densité de 4 à 5 plants.m⁻², les tiges de roseaux poussent très vite (jusqu'à 18 cm.jour⁻¹) et atteignent leur hauteur totale en 4 ou 5 mois.

- **Effet mécanique sur le massif filtrant**

Les tiges aériennes émises à partir des noeuds des rhizomes viennent percer régulièrement, en saison estivale, la couche croissante de boues. Ces tiges, reliées aux diverses autres parties du système racinaire, créent ainsi un continuum entre la surface des lits qui reçoit régulièrement un produit très chargé en eau, et la couche drainante qui évacue les percolats (figure 4). En hiver, la continuité de ce réseau est préservée par le port vertical de la tige ligneuse des roseaux même lorsqu'elle est flétrie.

- **Elimination de l'eau**

L'élimination de l'eau se fait à la fois par évapotranspiration et par drainage. Les roseaux ont la potentialité de créer de fortes pressions osmotiques supérieures à 20 bars au niveau de leur système racinaire. Ce gradient de pression permet l'aspiration de l'eau par la plante. Grâce à un tissu (le xylème) formant un réseau à travers toute la plante, la circulation de l'eau des racines est possible vers les parties aériennes. De là, l'eau est évacuée par évapotranspiration. En période végétative, la transpiration des roseaux est environ du double de celle d'une surface d'eau libre. Dans des conditions climatiques européennes, elle peut varier entre 340 et 1700 mm.an⁻¹ (Nielsen). Celle-ci se déroule principalement durant les mois d'été. Dans des conditions de température extrême, l'évaporation peut atteindre 2,5 cm.jour⁻¹. L'humidité ambiante et la vitesse de vent affectent de façon non négligeable ce paramètre.

La vitesse de drainage d'un lit planté de roseaux peut atteindre 100 l.h⁻¹.m⁻² dans le cadre d'une alimentation par des boues activées (Liénard *et al.*, 1995). A titre d'exemple, une courbe spécifique de drainage est fournie sur la figure 5. 24 heures après l'épandage des boues, 80 % de l'eau sont éliminés. Ce taux d'élimination atteint 98 % après 6 jours.

- **Stabilisation aérobie des boues grâce à l'apport d'oxygène au niveau des racines**

Les roseaux ont la faculté de transporter l'oxygène produit par la fonction chlorophyllienne de leur partie aérienne vers les racines par l'intermédiaire de tissus creux appelés aerenchymes. Le moteur de ce transport convectif est probablement la différence de température et de teneur en eau entre les tissus internes de la plante et l'air ambiant. Une petite partie de cet oxygène diffuse des racines et des racinelles vers le sol. Il favorise l'oxydation des substances réductrices (Fe²⁺, Mn²⁺, H₂S, NH₄⁺...) se trouvant dans l'environnement anoxique où se développent les roseaux.



Figure 4 : Exemple de développement d'un rhizome de *Phragmites communis* (d'après Nielsen)

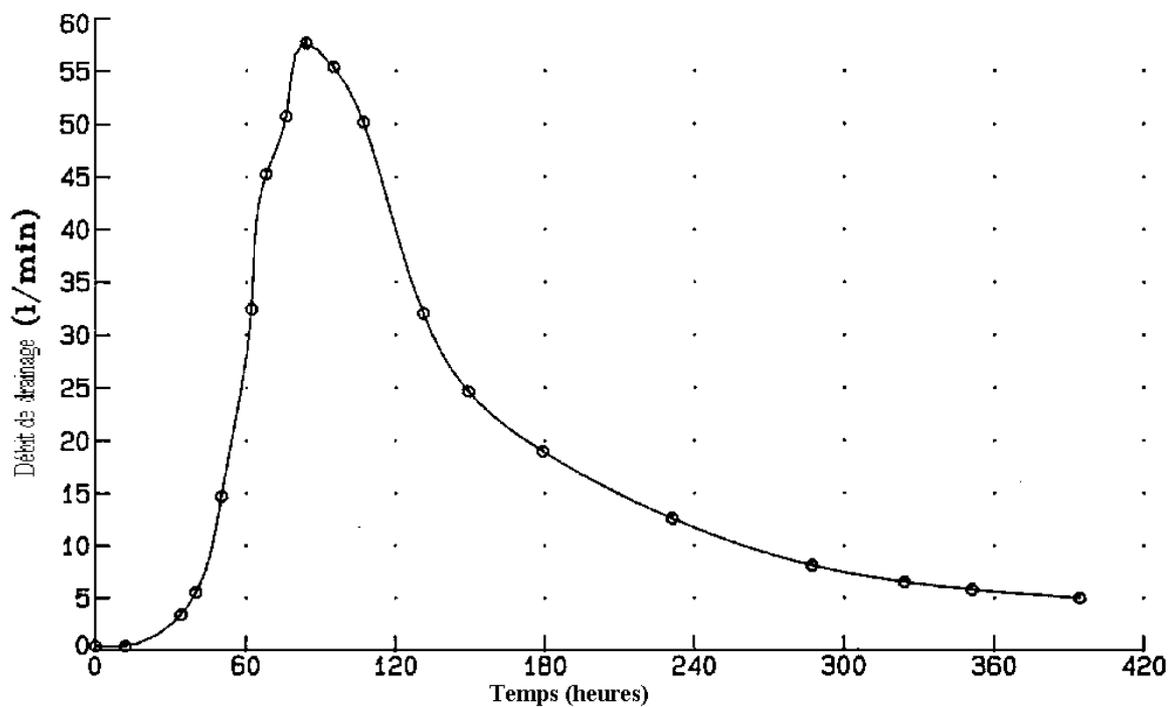


Figure 5 : Exemple d'une courbe de drainage sur un procédé de rhizocompostage (d'après Nielsen)

- **Développement des populations bactériennes**

La colonisation de la boue par un réseau racinaire très dense favorise la croissance de nombreuses espèces bactériennes à leur proximité favorisant les processus de minéralisation et de stabilisation de la boue.

- **Tolérance à la sécheresse**

Le roseau supporte très bien les périodes de sécheresse tant que le rhizome reste dans un sol dont la teneur en eau est supérieure ou égale à 60 %. Si la teneur en eau du sol descend en dessous de 60 %, sa productivité décroît mais il ne meurt pas. La pérennité de la plante est assurée par le rhizome.

- **Tolérance aux variations de pH (acides et basiques) et de salinité**

- **Plantes peu onéreuses abondamment commercialisées et faciles à planter si on dispose d'une « nurserie »** : ie CDE possède avec la step de Rivière Salée de roseaux adultes qui permettront de faciliter le bouturage des rhizomes et de diminuer aussi la durée de croissance associée normalement aux jeunes pousses,

2. DIMENSIONNEMENT

2.1 SURFACE A PREVOIR

Le développement intensif (aérien et souterrain) des roseaux permet une alimentation du lit pour assurer une bonne croissance sur la base d'une charge de $75 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{an}$, soit entre 250 et 300 g MES/j par m^2 de lit toute l'année. **Cette charge peut être adoptée car ces futures installations sont situées en zone climatique favorable où la croissance végétale n'est pas ralentie avec une température moyenne de 23°C ; on se base donc sur une charge maximale de $300 \text{ g MES} \cdot \text{j}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ de lit ce qui correspond à une charge d'environ $5 \text{ eH} \cdot \text{m}^{-2}$.**

Cela correspond donc à une surface de **900 m^2** pour la 1^{ère} tranche (4500 eH) de traitement des boues par rhizocompostage.

Détail du calcul : STEP de 4500 eH avec 60 g MS/eH.j
Production de boues = $4500 \times 60 = 270 \text{ kg MS/j}$
Surface nécessaire = $270\,000/300$
= **900 m^2**

2.2 NOMBRE DE LITS

Pour permettre une grande souplesse d'exploitation, il est préférable de multiplier le nombre de lits. Afin d'assurer également une mise au repos périodique, il est nécessaire de prévoir un minimum de trois lits (deux lits en service, un lit au repos).

Il convient de ne pas dépasser une surface unitaire d'environ 120 m^2 pour permettre une bonne adéquation avec les conditions d'alimentation (débits de pompage, répartition de l'alimentation).

Exemple : STEP de 4500 eH
Surface nécessaire = 900 m^2
Surface unitaire maximale = 120 m^2
Nombre de lits = 8 unités de 112 m^2 chacune

Remarque :

On fait souvent allusion dans la littérature à des lits plantés de roseaux dont la superficie est de 1000 m^2 (Nielsen, Burgoon *et al.* 1997). Toutefois, au sein du groupe Lyonnaise des Eaux, aucune information concernant le bon fonctionnement de ce type d'ouvrage n'est disponible. Pour le dimensionnement des lits, la surface unitaire maximum de 120 m^2 sera respectée.

2.3 CARACTERISTIQUES DES LITS

2.3.1 Caractéristiques géométriques

Les ouvrages seront construits en élévation afin de limiter l'emprise sur le terrain (parois en béton et fond étanchéifié avec du polyane 150 microns). Cette construction adaptée au terrain difficile (niveau PHE à proximité), permet de gérer facilement les retours (canalisation gravitaire).

Les caractéristiques géométriques des lits sont définies en tenant compte des contraintes liées au débit d'alimentation (débit de pompage), du nombre de lits envisagés, des accès pour assurer l'extraction des boues après traitement.

L'évacuation des boues des lits s'opérant à l'aide d'une pelleteuse (solution la plus pratique et la moins onéreuse), il est important que le bras de l'engin puisse atteindre tous les points du lit, on a donc limiter les dimensions largeur/longueur/hauteur des ouvrages.

- **Hauteur** :
Hauteur totale à 1,6 m y compris le soubassement (hauteur libre de 1,4 m à la mise en service),
- **Largeur** :
La largeur maximale sera de 7 m.
- **Longueur** : Pour un accès de la pelleteuse sur un seul coté, la longueur sera limitée à 16,5 m

2.3.2 Soubassement

Le soubassement est constitué, de bas en haut :

- d'un **plancher étanche** (polyane 150 microns) permettant l'écoulement des percolats vers le réseau de drainage,
- un **réseau de drains** implantés dans une **couche de 20 cm de galets de rivière** (granulométrie 50/120 mm),
- une **couche de 20 cm de sable lavé 0/4** (exempt de fines) où sont plantés les roseaux.

Pour le réseau de drainage, les drains sont disposés sur la largeur des lits à raison d'un drain pour 20 m². En amont, du coté alimentation en boues, l'extrémité des drains remonte le long des parois pour constituer une cheminée de ventilation (ventilation haute).

2.3.3 Point d'alimentation

L'alimentation s'effectue par un côté (opposé à la sortie des drains) à raison d'un point d'alimentation pour 30 à 40 m² de surface unitaire ; ce qui fait 4 points d'alimentation par lit. Le diamètre de chaque canalisation d'alimentation est calculé sur la base d'une vitesse de passage de 0,6 à 1,2 m.s⁻¹. Ce diamètre est au minimum de 60 mm.

2.4 ALIMENTATION EN BOUES

2.4.1 Origine des boues

Il est important de rappeler que le roseau commun ne supporte pas l'anaérobiose. Il faut donc être vigilant quant au maintien de conditions aérobies dans le procédé. La comparaison des performances de traitement (rendements de déshydratation et de minéralisation) montre qu'il est préférable d'utiliser les boues activées comme dans notre cas car leur drainage est plus facile.

Contrairement à un lit de séchage classique, les risques de colmatage sont quasi-inexistants si l'on ne dépasse pas, en moyenne, les charges maximales admissibles et si on respecte les phases de repos. Le roseau est une plante aquatique se développant en zone humide aussi il n'est pas nécessaire d'épaissir préalablement les boues à une concentration de plusieurs dizaines de gMES.l⁻¹ car le temps de retour du percolat est suffisamment rapide. Une alimentation en boues à partir du bassin d'aération en phase d'homogénéisation (3 à 7 g MES.l⁻¹) est tout à fait adaptée et a été retenue.

3. EXPLOITATION

3.1 MISE EN SERVICE

3.1.1 Plantation des roseaux

Il est prévu au minimum **4 plants de *phragmites communis* (roseau commun) par m² de lit** soit 1 plantule tous les 50 cm dans les deux directions. Les roseaux peuvent être transplantés d'une roselière (zone humide, étangs, fossés d'irrigation) ou d'une autre step ayant des lits plantés (step de Rivière Salée dans notre cas). Il s'agit d'arracher les plants et de ne conserver que les racines et le début de la tige (jusqu'au premier noeud).



Plantation des jeunes pousses de roseaux

3.1.2 Entretien des roseaux jusqu'à la repousse

Il est essentiel de prévoir régulièrement un **arrosage des plants avec de l'eau épurée**, jusqu'à la repousse (pendant au moins un mois).

3.1.3 Premières alimentations en boue

C'est la période la plus sensible pour ce procédé. La quantité de boues qui peut être envoyée sur les lits dépend de la colonisation de rhizomes dans le massif filtrant. La pleine «maturité» sera obtenue après trois cycles de la végétation.

Pendant toute la phase de mise en service, il est important de surveiller le bon écoulement des percolats. Tout colmatage de la surface va se traduire par une mise en charge des lits avec une rapide fermentation anaérobie des boues préjudiciable à la survie des roseaux. L'apparition d'un début de colmatage doit conduire immédiatement à la mise au repos du lit le temps nécessaire au rétablissement de conditions d'aérobiose (écoulement rapide).

3.2 EXPLOITATION COURANTE

3.2.1 Choix d'une stratégie d'alimentation en boues

Notion de charge admissible moyenne

La charge limite permettant le dimensionnement des lits ne constitue pas en soi une dose maximale journalière qu'il ne faut pas dépasser. Sur un même lit, il est tout à fait possible de

doubler la dose journalière avec une journée de non-alimentation ou de tripler la dose avec deux journées de non-alimentation.

De manière générale, sur une période complète intégrant la phase de repos, la charge de dimensionnement ne doit pas être dépassée (rappel : 300 g MeS.m⁻².jour⁻¹).

Alimentation par bâchée

Comme pour la technique de traitement des effluents par percolation infiltration, il est essentiel d'assurer une **alimentation séquentielle (bâchée)** pour optimiser la circulation de l'air (effet de piston). Il s'agit de «napper» rapidement la surface du lit en cours d'alimentation pour permettre aussi l'homogénéité de la répartition.

Une bâchée correspond à une «hauteur d'eau» comprise entre 5 et 15 cm pour un temps d'extraction de 10 à 20 minutes. Le nombre total de bâchées dépendra du volume à soutirer (1 à 4 soutirages par jour). En choisissant un débit minimum de pompage de 0,25 m³.h⁻¹.m⁻² de lit ces contraintes seront respectées.

Rotation des lits

Pour les plus petites installations, dans un souci d'économiser les investissements et de simplifier l'exploitation, on pourra se contenter d'une alimentation d'un même lit pendant 2 à 3 jours. La rotation des lits s'effectue alors par jeu de vannes (opération manuelle), lors du passage de l'exploitant.

3.2.2 Consignes d'exploitation

L'exploitation courante consiste en une surveillance des lits, à la manoeuvre des vannes permettant la rotation des lits dans le respect du planning (lits en service, lits en repos).

Il faut essayer de favoriser une alimentation d'un nombre réduit de lits par jour pour permettre un réessuyage complet (non-alimentation pendant un à deux jours) de tous les lits en service.

Il faut prévoir au moins une semaine de mise au repos de chaque lit pour permettre de rétablir ses capacités de circulation de l'eau et de l'air (régénération). Ces cycles de rotation et de mise au repos sont à adapter sur chaque installation.

Il n'est pas nécessaire de prévoir un faucardage des plantes. Les tiges et feuilles «fanées» vont se coucher et donner une structure à la boue ce qui permet de faciliter la circulation de l'air et la production d'un compost (support carboné).

Il est facile d'obtenir une **moyenne de siccité supérieure à 30%** en respectant un temps de séchage de 3 à 4 semaines par lit et une rotation des lits bien organisées. Il est même possible **d'atteindre des siccités voisines des 40%** en pratiquant le technique du « chômage » pour un des lits ; ie nous avons prévu un lit supplémentaire dans le dimensionnement ce qui permet de laisser en permanence un lit en séchage au « repos » sur une durée plus longue (voir article A.Liénard de l'expérience Danoise en annexe).

3.3 PERFORMANCES ATTENDUES

3.3.1 Réduction du volume des boues

Le traitement des boues par rhizocompostage combine une phase de déshydratation (par drainage et évapotranspiration) et une phase de minéralisation (utilisation des matières volatiles des boues comme substrat par les roseaux). Lorsque les lits sont alimentés avec des

boues activées, une réduction du volume de boue supérieure à 97 % est généralement obtenue lors de l'étape de déshydratation.

Le contrôle de ce taux de réduction en cours de fonctionnement peut être effectué par le suivi de la hauteur du niveau de boue dans le lit. La hauteur est fortement liée au temps écoulé depuis le dernier apport en boues. Elle s'élève régulièrement dans le temps en raison de l'apport régulier de nouvelles bâchées de boues fraîches.

De manière générale, le niveau de boues dans le lit va monter d'environ 30 cm.an⁻¹ les premières années. Avec les réactions de stabilisation par compostage, il faut tabler pour une période de 5 à 7 ans (avant évacuation du compost), sur une **progression moyenne du niveau de boues de 20 cm.an⁻¹ (à charge nominale)**.

3.3.2 Elimination de l'eau

3.3.2.1 Vitesse de drainage

Comme il a déjà été précisé dans le paragraphe 1.2 , la vitesse de drainage d'un lit planté de roseaux peut atteindre $100 \text{ l.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ dans le cadre d'une alimentation par des boues activées.

3.3.2.2 Qualité des percolats

Matières en suspension et pollution carbonée

Déshydrater des boues induit forcément la production de retours en tête qu'il convient de traiter. Dans le massif filtrant d'un lit de rhizocompostage, les réactions sont à dominante aérobie. Aussi, les retours doivent être de très bonne qualité et vierges de tout produit de fermentation anaérobie (A.G.V.).

Les caractéristiques « classiques » des percolats sont donc les suivantes :

- **Redox** > **300 mV/EHN**,
- **DCO brute** < **150 mg.l⁻¹**,
- **DBO5_{ad2}** < **10 mg.l⁻¹**,
- **MES** < **100 mg.l⁻¹**.

Il faut donc souligner que sur le plan organique (DCO, DBO5) mais également minérale (MES) les filtrats qui retournent en tête de step sont de bien meilleure qualité que ceux des autres systèmes de déshydratation mécanique comme les table d'égouttage, filtre presse,... (MES pouvant aller jusqu'à 500 mg/L).

Pollution azotée

Du fait des réactions de stabilisation (compostage sur une longue durée) se déroulant dans le massif filtrant, on peut assister à un relargage de composés azotés (ammoniaque et nitrates) prouvant de façon certaine l'existence d'une flore nitrifiante.

Durant les cinq premières minutes de drainage, les percolats ont une très forte teneur en nitrates (< 80 mg.l⁻¹). Ces ions résultent de la nitrification de l'ammoniaque resté dans le massif filtrant depuis la dernière bâchée. Ils sont rapidement évacués.

Dans un second temps, les percolats contiennent essentiellement de l'ammoniaque. Celui-ci provient de la lixiviation des boues qui s'accumulent à la surface du lit. Cela explique la concentration élevée en ammoniaque (80 mg.l⁻¹) qui est beaucoup plus élevée que celle du surnageant des boues activées (autour de 15 mg.l⁻¹) pour une station traitant l'azote.

Par contre en fin d'écoulement, les conditions deviennent favorables à la nitrification. Une augmentation de la concentration en nitrates inversement proportionnelle à la baisse de la concentration en ammoniaque est alors observée.

3.3.3 Qualité des boues

Siccité

Le taux de capture des boues est supérieur à 98 %. En période d'alimentation, la siccité moyenne des boues dans les lits se situe à des valeurs proches de 30 %. Cette valeur est retrouvée dans la littérature (Liénard *et al*, 1995; Burgoon *et al*, 1997). Après mise au repos forcé (plusieurs semaines, par exemple lors de l'évacuation du compost) la siccité peut

atteindre **30 à 40 %** selon les conditions atmosphériques. Nielsen a estimé que la **siccité maximale serait de 50 %**.

Matières Volatiles

Du fait de l'important temps de séjour le rendement de stabilisation est supérieur à 60 % (abattement de 65 % des MVS). De ce fait la production de boues après «compostage» sera réduite d'environ 50 à 55 %.

Propriétés mécaniques

La présence dans le compost d'un réseau de rhizome creux (permettant la circulation de l'air et du percolat) va définir un indice de vide de plus de 60 %.

Valeurs fertilisantes

Les teneurs en azote et en phosphore du compost se situent dans les fourchettes suivantes :

- N/MVS = 9 à 10 %
- P/MVS = 2 à 2,5 %

3.4 CURAGE D'UN LIT

3.4.1 Extraction du compost

Il est important de planifier l'extraction du compost des lits (répartition sur plusieurs années) pour permettre d'assurer la continuité de service sur les autres ouvrages.

Le lit qui fait l'objet de la «vidange» est mis au repos pendant au moins deux semaines pour permettre un assèchement du compost.

L'opération d'extraction du compost s'opère à l'aide d'une pelle mécanique équipée d'un godet. Avec l'enlèvement du compost les plantes sont arrachées en ayant soin de laisser une couche de compost d'environ 20 cm.

3.4.2 Destination du compost

La mise en place d'un plan d'épandage est un préalable avant toute évacuation du compost quelle que soit sa destination. Il peut être envisagé une valorisation agricole sans risque de reprise des roseaux (plante aquatique) ou une mise en remblai dans des espaces verts.

3.4.3 Remise en service

La couche de compost encore présente dans les lits après extraction est colonisée par les rhizomes ce qui va permettre une repousse sans replantation. Il convient de prévoir une mise en charge progressive à partir des boues en excès.

4. ASPECTS FINANCIERS

4.1 COÛTS D'INVESTISSEMENT

Le coût d'investissement pour 8 lits plantés de roseaux correspondant à une surface de 900 m² est de (voir DPGF).

A titre de comparaison le coût d'investissement pour la solution de base par déshydratation mécanique par centrifugation donne un coût de (voir DPGF).

Les coûts d'investissement sont donc relativement similaires pour ces deux solutions très différentes aussi bien sur le plan technique de désydratation que sur les résultats des sous-produits.

4.2 COÛTS D'EXPLOITATION

Les coûts d'exploitation des lits plantés de roseaux se résument uniquement à l'extraction des boues lors de la phase de curage par 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. Pour notre cas, nous admettons que ces dernières qui représentent du compost sont récupérés par des entreprises d'épandage et qu'il n'y a donc pas de coût associés au transport à comptabiliser.

Une politique de valorisation du compost doit être mise en place avec la commune qui peut aussi avoir des projets d'utilisation.

- Production de boues step 4500 eH à 60 g MS/eH.j à 30% de siccité : 328 t MS/an
- Calculs réalisés pour 5 ans :
 - Quantité sur 5 ans : 1640 t MS
 - Réduction de 55% par rhizocompostage avec densité de 1,5: 738 t MS ou 1107 m³
 - Hauteur sur les lits après 5 ans : 1,2 m
 - Volume évacué par jour par tracteur : 50 m³
 - Jour de tracteur : 22
 - Coût du tracteur / jour : 80 000 F CFP
 - Coût total : 1 774 000 F CFP
 - Coût MO sur 22 jours : 616 000 F CFP
 - Total tracteur + MO : 2 400 000 F CFP tous les 5 ans

Coût annuel exploitation des lits plantés de roseaux : **480 000 F CFP / an**

4.3 COMPARAISON DES FILIERES

En effectuant le calcul des coûts d'exploitation par centrifugation sur les même base de production de boues (voir détail en annexe) avec une évacuation des boues déshydratées à l'ISD de Gadji, nous arrivons à un coût annuel d'exploitation de : **12 300 000 F CFP/an**

Le même exercice avec les autres filières de déshydratation mécanique (filtre presse, filtre à bandes, ...) différentes donnerait un coût annuel d'exploitation similaire ou supérieure.

CONCLUSION

L'ensemble des informations trouvées dans la littérature indique clairement que le traitement des boues par rhizocompostage est une **technique fiable, simple, peu onéreuse (en terme de coût d'exploitation) et s'inscrivant complètement dans une politique de développement durable mise en avant par les communes**. Sa large application dans de nombreux pays (Europe du nord, Etats-Unis) ainsi que la réussite de nombreuses installations construites en France et en Polynésie montrent que cette technologie peut être appliquée sur l'ensemble des petites stations d'épuration et est complètement maîtrisée par Lyonnaise Des Eaux et par sa filiale CDE qui a déjà une unité en fonctionnement sur la step de Rivière Salée (voir photo page de garde).

Les avantages procurés par le rhizocompostage sont très nombreux :

- **Déshydratation puis stabilisation complète des boues par compostage**

Après 5 années, un compost ayant une siccité au moins supérieure à 30 % (voir photo ci-après) et une teneur en matières volatiles de l'ordre de 45 % est obtenu. Celui-ci peut être valorisé en agriculture d'autant plus qu'il présente une meilleure qualité sanitaire que les boues liquides. D'autre part, les retours en tête des percolats sont d'excellentes qualités et ne perturbent pas le bon fonctionnement de la filière traitement des eaux,



Aspect des boues après 3 à 5 ans

- **Facilité et faible coût d'exploitation**

Ce procédé nécessite très peu de main d'oeuvre. L'exploitant doit simplement manipuler quelques vannes pour assurer la rotation de l'alimentation des lits. Le système ne requiert pas d'automatisme compliqué ni d'énergie.

Le coût d'exploitation annuel (480 kF CFP/an) est **25 fois inférieur** à celui d'une déshydratation mécanique (centrifugation 12 300 kF CFP/an).



Lits de roseaux en cours d'extraction

- **Procédé « écologique » et aspect paysager intégré**

Aucun produit chimique n'est utilisé. Les roseaux offrent un élément esthétique positif pour l'environnement de la station et garantissent un label 100% écologique au procédé. Il est important de souligner qu'un traitement des boues mécanique génère normalement un déchet ou pollution qui sera envoyé vers l'ISD alors que ce procédé de séchage des boues par rhizocompostage permettra de valoriser ce sous produit de l'épuration en compost.

Il convient également de préciser que ce procédé constitué principalement de végétaux (roseaux) permet une **intégration plus naturelle dans le paysage**.

Ce système de désydratation par rhizocompostage nécessite certes une emprise au sol relativement importante mais la CDE a depuis longtemps étudiée et intégrée cette contrainte. C'est pourquoi nous avons conçu des lits plantés de roseaux en optimisant au maximum l'emprise au sol sur 900 m² seulement en tenant compte du contexte environnemental sensible que représente la mangrove.

Pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, la CDE propose la solution de traitement des boues par rhizocompostage en solution de base et comme la meilleure alternative à une déshydratation mécanique afin de poursuivre sa politique « zéro déchet » et favoriser au maximum la réutilisation des sous-produits aussi bien solide que liquide de l'épuration.



Step de Bora-Bora avec traitement des boues par rhizocompostage



Lits plantés de roseaux en Australie (Queensland)