

Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux  
Asbl EPUVALEAU  
Avenue de la Faculté d'Agronomie, 2 - 5030 Gembloux,  
Belgique  
Directeur : Dimitri Xanthoulis  
Tél. / Fax : + 32 81 62 21 95  
E-mail : [xanthoulis.d@fsagx.ac.be](mailto:xanthoulis.d@fsagx.ac.be)  
[wauthelet.m@fsagx.ac.be](mailto:wauthelet.m@fsagx.ac.be)



# **Systèmes d'épuration de petites tailles**

## **Présentation**

Sept. 2004

## TABLE DES MATIERES

<b>PRESENTATION DES SYSTEMES D'EPURATION .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 BOUES ACTIVEES A RECIRCULATION .....</b>	<b>9</b>
1.2.1 PRESENTATION .....	9
1.2.2 PRINCIPES DE BASE ET CRITERES DE CONCEPTION .....	10
1.2.3 DEGRILLAGE/DECANTATION PRIMAIRE .....	10
1.2.4 REACTEUR BIOLOGIQUE .....	10
1.2.5 SYSTEME D'AERATION .....	11
1.2.6 CLARIFICATEUR .....	11
1.2.7 BASSINS DES BOUES .....	12
1.2.8 EXTRACTION DES BOUES .....	12
1.2.9 EXPLOITATION .....	13
<b>1.3 REACTEURS BIOLOGIQUES SEQUENTIELS (RBS).....</b>	<b>14</b>
1.3.1 PRESENTATION .....	14
1.3.2 PRINCIPES DE BASES ET CRITERES DE CONCEPTION .....	15
1.3.3 DEGRILLAGE/DECANTATION PRIMAIRE .....	16
1.3.4 REACTEUR BIOLOGIQUE.....	16
1.3.5 SYSTEME D'AERATION .....	16
1.3.6 CLARIFICATEUR .....	16
1.3.7 BASSINS DES BOUES .....	16
1.3.8 EXPLOITATION .....	16
<b>1.4 DISQUES BIOLOGIQUES .....</b>	<b>17</b>
1.4.1 PRESENTATION .....	17
1.4.2 TRAITEMENT PREALABLE.....	17
1.4.3 CRITERES DE CONCEPTION .....	18
1.4.4 NOMBRE D'ETAGES .....	18
1.4.5 MILIEU DE SUPPORT .....	18
1.4.6 SUIVI DU BIOFILM.....	19
1.4.7 AERATION SUPPLEMENTAIRE .....	19
1.4.8 BASSINS.....	19
1.4.9 ASPECTS STRUCTURAUX ET MECANIQUES .....	20
1.4.10 CLARIFICATEUR .....	20
1.4.11 RECOUVREMENT .....	20
1.4.12 EXTRACTION DES BOUES .....	21
1.4.13 EXPLOITATION .....	21
<b>1.5 TRAITEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES.....</b>	<b>22</b>
<b>1.6 LES LITS BACTERIENS.....</b>	<b>23</b>
1.6.1 PRESENTATION .....	23
1.6.2 DIMENSIONNEMENT .....	24
<b>1.7 LAGUNAGE AERE .....</b>	<b>26</b>
1.7.1 PRESENTATION .....	26
1.7.2 TRAITEMENT PREALABLE.....	27
1.7.3 CRITERES DE CONCEPTION .....	27
1.7.4 CONTRAINTES A L'INSTALLATION DE LAGUNES .....	29
1.7.5 CONTRAINTES D'ETANCHEITE.....	29
1.7.6 ACCES AU SITE .....	30
1.7.7 ELOIGNEMENT VIS A VIS DES HABITATIONS.....	30
1.7.8 EXPLOITATION .....	31
<b>1.8 LAGUNAGE NATUREL .....</b>	<b>32</b>
1.8.1 PRESENTATION .....	32

1.8.2	TRAITEMENT PREALABLE.....	33
1.8.3	CRITERES DE CONCEPTION .....	33
1.8.4	PRINCIPES DE DIMENSIONNEMENT DES LAGUNES AEREES D'EPURATION SECONDAIRE .....	34
1.8.5	ALIMENTATION DES BASSINS, COLLECTE DE L'EFFLUENT ET TRANSFERT ENTRE LES BASSINS	35
1.8.6	CONTRAINTES A L'INSTALLATION DES LAGUNES NATURELLES.....	35
1.8.7	CONTRAINTE D'ETANCHEITE .....	35
1.8.8	ACCES AU SITE .....	35
1.8.9	ELOIGNEMENT VIS-A-VIS DE HABITATIONS .....	35
1.8.10	EXPLOITATION .....	35
<b>1.9</b>	<b>FILTRES A SABLE NON PLANTES.....</b>	<b>36</b>
1.9.1	PRESENTATION DES FILTRES A SABLE NON PLANTES .....	36
1.9.2	FILTRE A SABLE A ECOULEMENT VERTICAL INTERMITTENT SANS RECIRCULATION .....	36
1.9.3	FILTRES A SABLE A ECOULEMENT VERTICAL AVEC RECIRCULATION .....	37
<b>1.10</b>	<b>FILTRES A SABLE PLANTES (MARAIS ARTIFICIELS) .....</b>	<b>40</b>
1.10.1	PRESENTATION DES MARAIS ARTIFICIELS .....	40
1.10.2	CARACTERISTIQUES .....	40
1.10.3	LES FILTRES PLANTES A ECOULEMENT VERTICAL .....	41
1.10.4	FILTRE PLANTE A ECOULEMENT HORIZONTAL .....	43

# **Présentation des systèmes d'épuration**

## **1 Introduction**

Afin de mieux comprendre les technologies proposées par les fournisseurs de système d'épuration, cette partie du manuel présente sommairement les technologies généralement utilisées pour dépolluer les eaux usées ménagères.

Il ne s'agit pas d'une présentation détaillée et exhaustive des technologies disponibles mais d'un outil permettant de mieux comprendre les contraintes d'implantation et d'exploitation des outils d'épuration des eaux usées domestiques présentés sur le marché.

Ce guide se limite donc à des principes élémentaires et des critères généraux de conception adapté à de petites unités, conçues pour traiter des charges variant de 5 à 500 EH maximum. Au delà de cette taille, les concepts utilisés pour les stations d'épuration classiques doivent être utilisés et chaque station demande une étude spécifique.

Les recommandations de conception et d'exploitation ci-dessous ne sont que sommaires. Le concepteur de la station doit préparer un manuel d'exploitation complet, adapté aux équipements installés, qui permet à l'exploitant de bien comprendre le fonctionnement du système et l'informe sur les tâches à accomplir.

Afin de clarifier le vocabulaire désignant les systèmes d'épuration de petite taille, ceux-ci sont regroupés en 7 catégories qui peuvent présenter une certaine hétérogénéité ; certaines variantes ne sont pas présentées (lits bactériens sans recirculation, lits bactériens immergés, réacteurs biologiques membranaires, ...) soit parce qu'ils ne répondent pas aux objectifs de performance repris dans les conditions intégrales (lits bactériens sans recirculation ou lits bactériens immergés) soit parce que ces technologies ne sont pas actuellement proposées au niveau wallon (réacteurs biologiques membranaires), soit parce qu'elles s'apparentent très fortement à une autre technologie présentée dans le cadre de ce manuel.

Afin de clarifier très rapidement les idées sur les solutions habituellement utilisées pour de l'épuration d'eaux usées domestiques de petite capacité, le tableau repris ci-après synthétise les principaux éléments de chacune des technologies.

L'épuration des eaux usées domestiques utilise très majoritairement le traitement biologique qui comprend 5 étapes (dont la dernière est facultative) :

- l'élimination des déchets facilement séparables (traitement primaire) ;
- la transformation de la pollution dissoute en produits bassins (traitement secondaire) ;
- la séparation entre l'eau épurée et les produits bassins (clarification) ;
- la récupération, la stabilisation et le devenir des boues ainsi formées ;
- éventuellement une réduction des concentrations en azote phosphore ou micro-organismes pathogènes (épuration tertiaire), lorsque les conditions environnementales l'exigent.

L'importance de ces différentes étapes dépend de la nature des eaux à dépolluer et de la taille de la station d'épuration. Ainsi l'eau provenant de réseaux unitaires et traitée dans de petites stations exigera un traitement primaire plus poussé que dans le cas de grandes stations.

Dans la mesure où ce manuel traite spécifiquement de l'épuration autonome, ne seront abordées dans cette partie du manuel que les solutions adaptées à la gamme 0 – 250 EH et qui correspondent aux cas d'épuration autonome les plus fréquents.

Pour chaque technologie d'épuration, ces cinq étapes sont résumées de façon très sommaire mais de manière à permettre une distinction aisée lors de la lecture des présentations plus détaillées.

Après épuration, les eaux doivent ensuite être évacuées soit par rejet dans une eau de surface soit par infiltration dans le sol. Cette dernière solution fait l'objet d'un chapitre spécifique.

**Tableau 1 : Tableau de synthèse des systèmes d'épuration de petite taille (0 – 500 EH maximum)**

Procédé	Caractéristiques du traitement					Surface totale occupée
	Traitement primaire		Traitement secondaire		Clarification avant rejet	
	Dégrilleur	Décantation	Digestion	Gestion de la biomasse		
Boues activées à recirculation	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Utile pour les réseaux séparatifs afin de protéger les équipements électromécaniques	Oui, dans le cas des petites unités. A l'aide d'un décanteur-digester Purge régulière vers un stockage spécifique	Bactéries en suspension dans l'eau à dépolluer. Aération du volume d'eau à dépolluer Volume d'eau à dépolluer en mélange complet	Récupération dans le clarificateur et injection d'une partie de la biomasse dans le réacteur de digestion ;	Oui Indispensable Avec purge des boues régulière en partie vers le réacteur de digestion et en partie vers le stockage des boues. Vitesse ascensionnelle de 0,6 m/s	1 à 2 m²/EH
Boues activées à biomasse fixée	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Utile pour les réseaux séparatifs afin de protéger les équipements électromécaniques	Oui, dans le cas des petites unités. Purge régulière vers un stockage spécifique	Bactéries fixées sur un support en suspension dans l'eau à dépolluer. Aération du volume d'eau à dépolluer Volume d'eau à dépolluer en mélange complet	Fixation de la biomasse sur un support mis en suspension dans le réacteur de digestion.	Oui Indispensable Avec purge des boues régulière vers le stockage des boues. Vitesse ascensionnelle de 1 m/s	1 à 2 m²/EH
Boues activées à réacteur biologique séquentiel (RBS)	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Utile pour les réseaux séparatifs afin de protéger les équipements électromécaniques	Oui, Purge régulière vers un stockage spécifique	Bactéries en suspension dans l'eau à dépolluer. Aération du volume d'eau à dépolluer Volume d'eau à dépolluer en mélange complet	Maintient de la biomasse dans la partie sédimentée du réacteur de digestion, après arrêt de l'alimentation et de l'aération.	Oui Indispensable Clarification dans le réacteur de digestion, après avoir stoppé l'alimentation et l'aération (repos); évacuation de la partie clarifiée et maintien de la biomasse dans la partie sédimentée. Evacuation des boues excédentaires vers bassin de stockage	1 à 2 m²/EH
Disques biologiques	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Utile pour les réseaux séparatifs afin de protéger les équipements électromécaniques	Oui, Purge régulière vers un stockage spécifique	Bactéries fixées sur des disques partiellement immergés dans l'eau à dépolluer. Aération par l'alternance phase immergée et phase à l'air libre lors de la rotation du disque biologique. Volume d'eau à dépolluer en mélange complet	Utilisation de la biomasse naturellement fixée sur les disques biologiques.	Oui Indispensable Récupération du biofilm qui se détache des disques biologiques avec parfois recirculation d'une partie de ce biofilm vers le réacteur de digestion. Evacuation des boues excédentaires vers bassin de stockage. Vitesse ascensionnelle de 1 m/s	1 à 2 m²/EH

Procédé	Caractéristiques du traitement					Surface totale occupée
	Traitement primaire		Traitement secondaire		Clarification avant rejet	
	Dégrilleur	Décantation	Digestion	Gestion de la biomasse		
Lits bactériens	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Utile pour les réseaux séparatifs afin de protéger les équipements électromécaniques	Oui, Purge régulière vers un stockage spécifique	Bactéries fixées sur un support grossier au travers duquel l'eau à épurer percole. Aération par la percolation de l'eau sur le support grossier. Ecoulement de l'eau de type piston (premier entré = premier sorti) sauf si bassin de recirculation prévu après le filtre bactérien.	Utilisation de la biomasse naturellement fixée sur le support	Oui Indispensable Récupération du biofilm qui se détache des disques biologiques avec parfois recirculation d'une partie de ce biofilm vers le réacteur de digestion. Evacuation des boues excédentaires vers bassin de stockage. Vitesse ascensionnelle de 1m/s	2 à 3 m²/EH
Lagunage aéré	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Inutile pour les réseaux séparatifs.	Assuré dans la première lagune.	Digestion assurée dans toutes les lagunes. Aération à l'aide Lagune 1 : pas d'aération Lagune 2: aération par aérateurs (de fond ou de surface) Lagune 3 : aération naturelle	Sédimente au fond des lagunes et y est partiellement minéralisée avant d'être enlevée après 5 à 10 ans de fonctionnement. Pas de recirculation des boues	Dans la dernière partie de la lagune (ou dans son dernier segment).	3 à 5 m²/EH
Lagunage naturel	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Inutile pour les réseaux séparatifs.	Assuré dans la première lagune.	Digestion assurée dans toutes les lagunes Lagune 1 : digestion anaérobie Lagunes 2 et 3 : digestion aérobie Aération : oxygène fourni par les algues et les végétaux présents dans l'eau des lagunes 2 et 3	Sédimente au fond et y est partiellement minéralisée avant d'être enlevée après 5 à 10 ans de fonctionnement. Pas de recirculation des boues	Dans toutes les lagunes mais production d'une nouvelle biomasse du fait de la croissance des algues	10 à 20 m²/EH
Infiltration/percolation Remarque : actuellement cette filière d'épuration secondaire n'est pas reconnue en Région Wallonne.	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Inutile pour les réseaux séparatifs.	Fosse septique ou décanteur/digesteur (anaérobie)	Percolation de l'eau à dépolluer sur un support grossier assurant une répartition de l'eau puis dans le sol naturel. Aération du support de percolation par une alternation de périodes d'alimentation et de repos. Ecoulement de l'eau de type piston (premier entré = premier sorti)	Réduction de la biomasse par les invertébrés prédateurs des bactéries naturellement présents dans le sol. Pas de production de boues pour autant que les périodes de repos soient suffisamment importantes.	Pas de clarification et infiltration de l'eau dans le sol ; pas de rejet dans les voies d'eau.	10 à 20 m²/EH

Procédé	Caractéristiques du traitement				
	Traitement primaire		Traitement secondaire		Clarification avant rejet
	Dégrilleur	Décantation	Digestion	Gestion de la biomasse	
Filtres à sable non plantés	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Inutile pour les réseaux séparatifs.	Fosse septique ou décanteur/digesteur (anaérobie)	Percolation de l'eau à dépolluer sur un support grossier assurant une répartition de l'eau puis dans un sol reconstitué (sable). Fixation des bactéries sur les grains de sable. Aération du support de percolation par une alternation de périodes d'alimentation et de repos. Ecoulement de l'eau de type piston (premier entré = premier sorti)	Réduction de la biomasse par les invertébrés prédateurs des bactéries naturellement présents dans le sol. Pas de production de boues pour autant que les périodes de repos soient suffisamment importantes.	Récupération de l'eau déjà clarifiée au pied du massif de sable puis rejet
Filtres à sable plantés	Oui Indispensable pour les réseaux de collecte unitaire. Utile pour les réseaux séparatifs afin de protéger les équipements électromécaniques	Fosse septique ou décanteur/digesteur (anaérobie)	Percolation de l'eau à dépolluer sur un support grossier assurant une répartition de l'eau puis dans un sol reconstitué (sable). Fixation des bactéries sur les racines des végétaux et sur les grains de sable. Aération du support de percolation par une alternation de périodes d'alimentation et de repos et par les racines des végétaux. Ecoulement de l'eau de type piston (premier entré = premier sorti)	Réduction de la biomasse par les invertébrés prédateurs des bactéries naturellement présents dans le sol. Pas de production de boues pour autant que les périodes de repos soient suffisamment importantes.	Récupération de l'eau déjà clarifiée au pied du massif de sable puis rejet



## 2 Boues activées à recirculation

### 2.1 Présentation

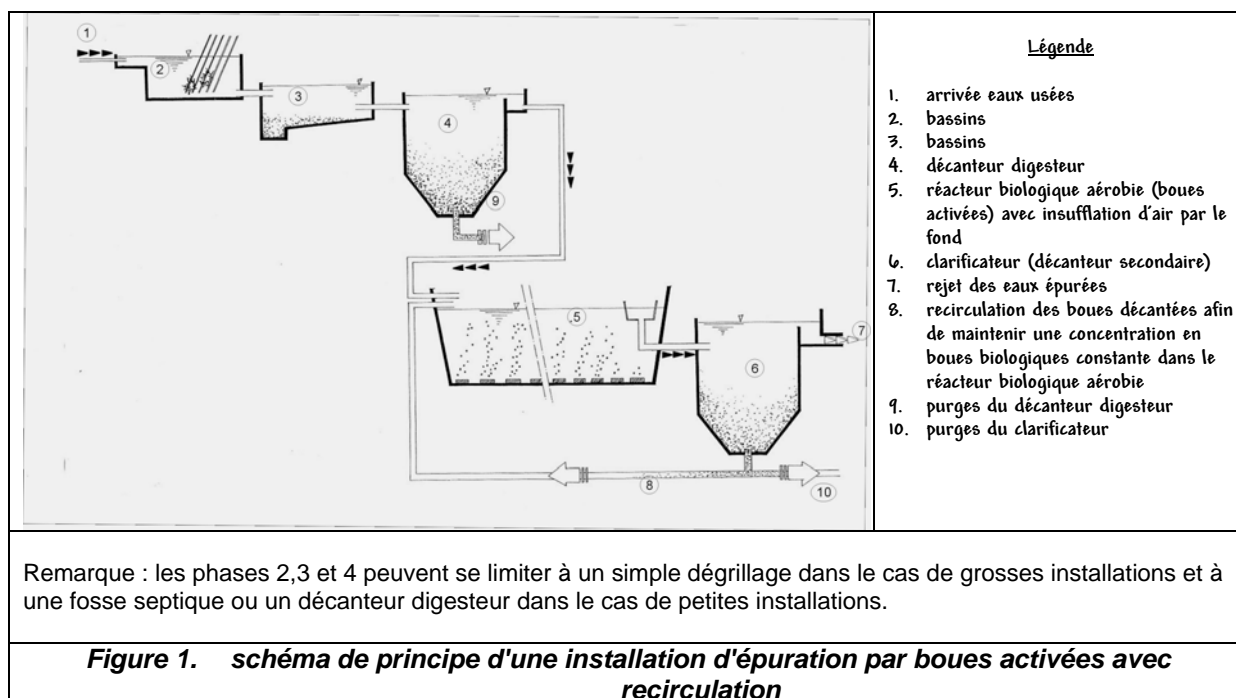
Le procédé de traitement par boues activées est un procédé de traitement biologique à culture en suspension, le mélange de l'eau à épurer et des micro-organismes en suspension assurant l'épuration est appelé liqueur mixte.

Dans le cas des installation de petite taille, il est constitué d'un décanteur primaire, d'un réacteur biologique dans lequel les eaux usées sont mélangées avec une biomasse aérée et maintenue en suspension. Le substrat contenu dans les eaux usées sert de nourriture pour la multiplication et le développement des micro-organismes contenus dans la biomasse. La biomasse est ensuite séparée par décantation et une partie de cette biomasse est recyclée dans le réacteur.

La biomasse excédentaire est extraite du système et constitue les boues secondaires.

Les systèmes de boues activées sont le plus souvent conçus pour être exploités en mode continu avec un réacteur biologique, un décanteur secondaire et des équipements de retour des boues du décanteur secondaire vers le réacteur. Ils peuvent aussi être conçus pour être exploités en mode séquentiel (RBS), une période étant réservée à la décantation directement dans le réacteur.

Le principe de fonctionnement d'une station d'épuration par boue activée à recirculation est repris dans le schéma ci-dessous.



Il existe de nombreuses variantes de systèmes de traitement par boues activées selon le mode d'écoulement et d'alimentation, le taux de charge, ...

Certaines variantes par boues activées avec recirculation sont conçues pour permettre un enlèvement biologique des nutriments soit par bassin ou par enlèvement biologique du phosphore (épuration tertiaire). Ces variantes sont plus complexes à concevoir et à exploiter et sortent du cadre de ce manuel.

Le choix des boues activées n'est pas recommandé pour des applications où les eaux usées sont diluées ou là où des débits importants d'eaux claires parasitent le réacteur, particulièrement dans le cas de systèmes de petite capacité. Il en est de même pour des applications à usage irrégulier comportant des périodes de faibles charges ou d'absences de charges susceptibles d'entraîner une détérioration de la biomasse et un mauvais fonctionnement de la station.

## **2.2 Principes de base et critères de conception**

### **2.3 Dégrillage/décantation primaire**

Les systèmes de petite taille de traitement par boues activées à recirculation doivent idéalement être précédés d'un dégrillage et d'une décantation primaire dans le cas d'un réseau d'égout unitaire ou d'un réseau séparatif.

Le système de dégrillage se définit par la taille des mailles ou l'espace entre 2 barreaux. Il peut être mécanisé afin d'évacuer périodiquement les objets retenus au niveau de la grille, afin d'éviter une obstruction de l'alimentation de la station ou rester manuel dans le cas de petites installations.

Dans le cas de petites unités les systèmes de dégrillage sont très sommaires. Par contre les décanteurs primaires jouent un double rôle, celui d'éliminer les matières facilement sédimentables (sable, pierres, une partie de la MES,...) et celui d'assurer une homogénéisation des eaux avant leur traitement biologique.

Son taux de charge hydraulique maximal ne peut excéder  $60 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{j}$  au débit de pointe. Il doit être vidangé régulièrement (de une à quelques fois par an).

### **2.4 Réacteur biologique**

Le dimensionnement du réacteur biologique doit répondre aux contraintes suivantes :

- disposer d'un temps de séjour suffisant pour assurer la dépollution,
- disposer d'une concentration en micro-organismes suffisante pour assurer la dépollution,
- disposer de micro-organismes relativement jeunes car ils décantent plus facilement dans le processus de clarification,
- disposer d'assez d'oxygène pour permettre la croissance des micro-organismes.

D'une manière simplifiée, il est utile de retenir que :

- Les dimensions du réacteur, le taux de recyclage des boues, la production de boues et les équipements d'aération dépendent fortement de la concentration en charge polluante à l'entrée, il est donc utopique de chercher à dimensionner une station d'épuration par boues activées sans avoir caractérisé le système de collecte des eaux usées et sans avoir identifié les sources potentielles et réelles de dilution des eaux usées.

- L'âge des boues dans la liqueur mixte ne peut excéder 20 jours.
- La DBO à l'entrée doit être d'au moins 100mg/l (trop de dilution nuit).
- La charge volumique ne doit pas excéder 0,35 kg de DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>. j.
- La charge massique doit avoisiner 0,1 kg de DBO<sub>5</sub>/kg MVS . j.
- La concentration en boues activées doit avoisiner 4 g de MS/l.
- Temps de séjour : 24 heures environ.

## **2.5 Système d'aération**

Les calculs du système d'aération sont basés sur les besoins en oxygène en conditions réelles, il faut aussi s'assurer que les conditions de mélange sont suffisantes pour permettre une bonne répartition de l'oxygène dissous et maintenir les solides en suspension dans la liqueur mixte.

Les besoins en oxygène comprennent la demande carbonée et la demande azotée.

Un facteur de pointe d'au moins 2 est généralement appliqué à la charge en DBO<sub>5</sub> pour calculer la capacité maximale du système d'aération. Un facteur plus élevé peut être requis en fonction de conditions particulières d'alimentation.

Plusieurs types d'équipements d'aération différents peuvent être utilisés, qu'il s'agisse de diffuseurs poreux, de diffuseurs non poreux, de jets, d'aérateurs mécaniques de surface ou autres. Peu importe les équipements considérés, le taux de transfert d'oxygène de ceux-ci doit être basé sur des résultats d'essais de rendement en conditions normalisées.

La concentration minimale en oxygène dissous à maintenir dans les bassins est de 2 mg/L en conditions moyennes et de 0,5 mg/L en conditions de pointe

En plus de prévoir les besoins en oxygène, il faut vérifier si la capacité du système d'aération est suffisante pour assurer des conditions adéquates de mélange dans les bassins. Les valeurs typiques citées à cette fin dans la littérature sont :

- 20 à 30 m<sup>3</sup> d'air/1000 m<sup>3</sup> pour un système de diffusion d'air entraînant un mouvement en spirale;
- 10 à 15 m<sup>3</sup> d'air/min.1000 m<sup>3</sup> pour un système de diffusion d'air réparti uniformément sur la superficie du bassin;
- 20 à 40 kW/1000 m<sup>3</sup> pour des aérateurs mécaniques.

Dans la mesure où l'aération constitue un élément fondamental du système épuratoire, il est utile de prévoir un surpresseur de réserve ou de disposer d'un contrat de maintenance avec remplacement en cas de panne. Les diffuseurs doivent être facilement accessibles ou amovibles pour en permettre l'entretien. Si les surpresseurs qui alimentent les bassins d'aération doivent également fournir de l'air pour d'autres composantes de la station (bassins de boues ou autres), les besoins additionnels doivent être déterminés.

## **2.6 Clarificateur**

La biomasse produite dans le réacteur biologique est normalement séparée de l'effluent au moyen d'un décanteur par gravité, bien que dans certains cas cela peut se faire par flottation à air dissous ou encore par membrane dans certaines nouvelles technologies.

Les principaux critères de conception d'un décanteur secondaire sont le taux de charge hydraulique à débit moyen et à débit maximal, le taux de charge massique, la profondeur minimale et le taux de débordement.

Puisque les stations présentent des âges de boues relativement élevés et avec de faibles rapports substrats micro-organismes, les critères de décantation secondaire présentés sont ceux applicables dans des stations dites à aération prolongée.

Les taux de charge hydraulique maximaux recommandés, par rapport au débit d'affluent de la station, sont les suivants :

- à Q moyen 8 à 16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.j,
- à Q maximal 24 à 36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.j.

Le taux de charge massique maximal recommandé est de 100 à 150 kg/m<sup>2</sup>.j.

Le cône dans lequel sont recueillies les boues décantées doit présenter des pentes importantes, formant un angle de 30 à 40° avec la verticale.

Le déversement maximal recommandé est de 125 à 150 m<sup>3</sup>/j par mètre linéaire de déversoir. La lame de déversoir doit être placée de manière à ne pas créer des zones d'écoulement préférentiel. Elles seront idéalement réparties en périphérie du bassin de décantation et dans la zone la plus éloignée du point d'entrée.

Le dispositif d'entrée doit être conçu pour dissiper l'énergie, assurer une bonne distribution du débit, prévenir les courants préférentiels, éviter de perturber le voile de boues et favoriser la floculation. La vitesse ascensionnelle ne doit pas dépasser 0,6 m/s. Dans le cas d'un décanteur circulaire à alimentation centrale, le puits d'entrée occupe de 25 à 30 % du diamètre du décanteur.

Les clarificateurs secondaires doivent être conçus de façon à permettre une bonne reprise des boues et empêcher que celles-ci séjournent trop longtemps dans le décanteur.

Un dispositif de captage des matières flottantes et des écumes est souhaitable. Cependant, très souvent dans de petites installations, ce système n'est pas installé. Dans la mesure où la station ne reçoit que des eaux ménagères usées, sans autres apports, la présence d'objets flottants dans le décanteur secondaire est très rare.

## **2.7 Bassins des boues**

Les équipements de recirculation des boues doivent être conçus de façon à pouvoir en ajuster le débit en fonction des conditions d'exploitation. Les taux de recirculation doivent pouvoir être ajustables de 25 % jusqu'à 150 % ou 200 % par rapport au débit de l'affluent de la station.

## **2.8 Extraction des boues**

Les boues en excès doivent être extraites de la chaîne liquide. L'extraction des boues peut se faire à partir du décanteur, de la conduite de recirculation des boues ou encore directement de la liqueur mixte du bassin d'aération. On considère en général une production de 0,8 kg de MS/kg DBO éliminée ou environ 45 g MS/?. Ces boues peuvent ensuite être stockées dans un épaisseur puis dans une cuve de stockage (à une concentration avoisinant 30 mg MS/l).

## 2.9 Exploitation

Parce que les installations de type boues activées de petites taille sont généralement munies d'équipements de prétraitement, soit un dégrillage et souvent un dessablage, l'exploitant doit s'assurer du bon fonctionnement des ces équipements et en effectuer l'entretien régulier. Il en est de même pour la décantation primaire, le cas échéant. L'inspection fréquente des eaux usées dans ces étapes de traitement préalables peut servir à détecter des problèmes reliés aux apports d'eaux usées (déversements illicites, dilution excessive, affluent septique).

Le bon fonctionnement du système d'aération nécessite des inspections visuelles, des mesures d'oxygène dissous, l'entretien régulier de tous les équipements (soufflantes, vannes, diffuseurs, aérateurs mécaniques) ainsi que les ajustements du débit d'air ou de la durée des phases d'aération.

Le maintien d'une masse biologique adéquate inclut la concentration de la liqueur mixte, le taux de recirculation, la masse extraite (extraction des boues) ainsi que la qualité de la biomasse. La qualité de la biomasse peut être vérifiée régulièrement en mesurant l'indice de volume de boues ou indice de bassins et en observant les indices visuels comme la couleur de la liqueur mixte, la présence et les caractéristiques de la mousse, l'état de floculation ou autres. Des observations microscopiques occasionnelles de la liqueur mixte peuvent s'avérer un atout important pour diagnostiquer les faiblesses du procédé et permettre de faire les ajustements nécessaires.

Les vérifications à effectuer pour la décantation secondaire comprennent le fonctionnement adéquat des équipements mécaniques tels les racleurs de fond et d'écume, les problèmes hydrauliques, la reprise des boues, la présence anormale de matières flottantes, d'un voile de boues élevé ou d'une défloculation, l'ajustement des déversoirs et leur nettoyage lorsque requis.

Il faut s'assurer que le taux de recirculation de boues ainsi que la fréquence et le taux d'extraction de boues sont adaptés à la charge du système. Tout bouchage ou autre problème de recirculation de boues doit être réglé sans délai. La chaîne de boues nécessite la même attention que la chaîne liquide. Il faut faire attention de ne pas perturber le fonctionnement du réacteur biologique avec les retours en provenance de la chaîne des boues.

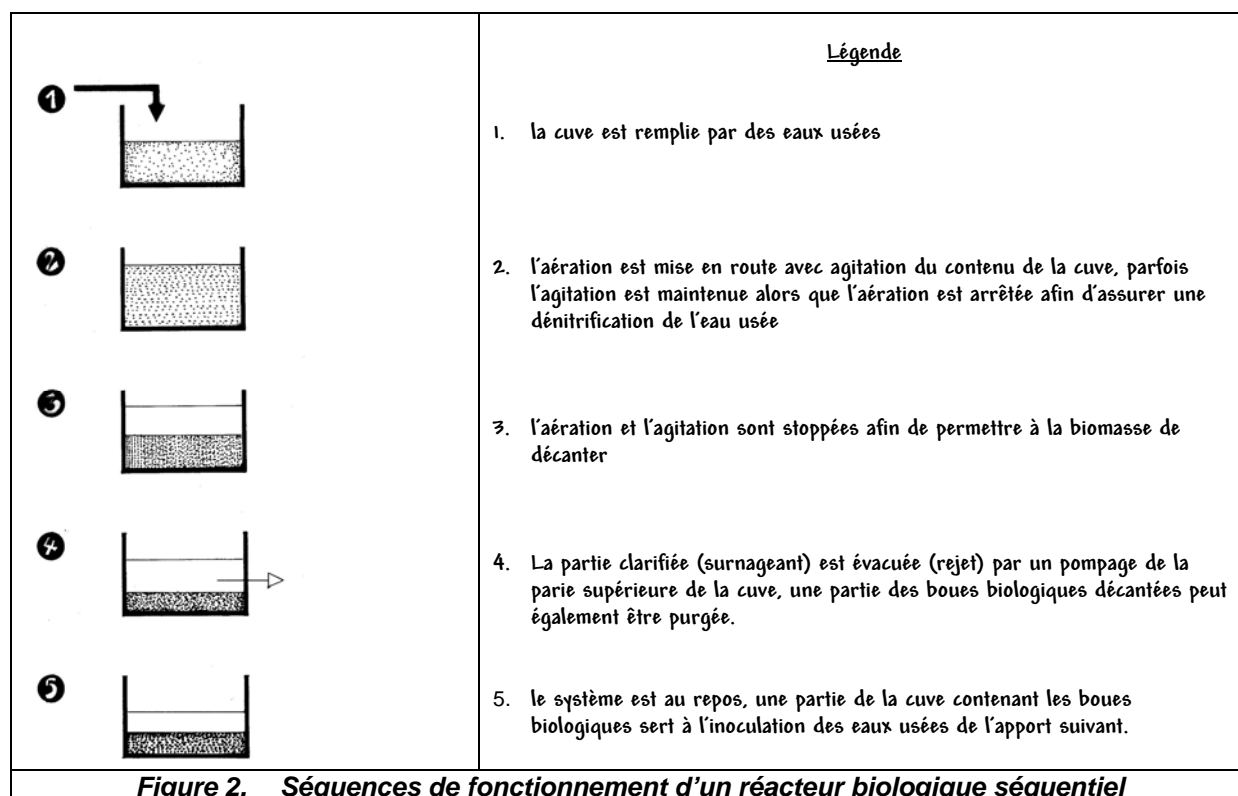
L'exploitant doit aussi assurer l'entretien général des lieux, des bâtiments et de la mécanique de bâtiment, des bassins, de tous les réseaux de tuyauterie et des équipements de contrôle.

Les recommandations d'exploitation ci-dessus ne sont pas exhaustives. Le concepteur de la station doit préparer un manuel d'exploitation complet, adapté aux équipements installés. Il doit permettre à l'exploitant de bien comprendre le fonctionnement du système et l'informer sur les tâches à accomplir.

## 3 Réacteurs biologiques séquentiels (RBS)

### 3.1 Présentation

Les RBS constituent une variante particulière de procédé par boues activées. Les mêmes principes de base du traitement biologique telles la formation d'une biomasse en suspension, la concentration de celle-ci dans un réacteur biologique et la séparation de la biomasse de l'effluent traité s'appliquent aux RBS, de sorte que les mêmes modèles et paramètres cinétiques peuvent être utilisés, en intégrant des adaptations nécessaires pour tenir compte des cycles. La particularité de cette variante est que la décantation de la biomasse s'effectue directement dans les bassins d'aération plutôt que dans un décanteur séparé. Le procédé fonctionne en mode discontinu selon une séquence comprenant typiquement les phases reprises à la figure 12:



**Figure 2. Séquences de fonctionnement d'un réacteur biologique séquentiel**

Cette séquence de base peut être complétée par des séquences intermédiaires visant à alterner les périodes d'aération avec les périodes d'anoxie, ceci afin d'assurer une plus grande dénitrification.

Les réserves, mentionnées précédemment, relatives aux conditions d'eaux diluées, aux apports irréguliers en substrat et à la complexité d'exploitation valent aussi pour les RBS et constituent des facteurs limitatifs pour leur applicabilité. Les contraintes en matière de qualité d'eau de suivi d'exploitation, de maîtrise de la biomasse et de régulation restent identiques aux systèmes à boues activées avec recirculation.

Ces procédés montrent de très bonnes performances épuratoires pour autant que la régulation des séquences soit bien adaptée à la qualité d'eau à dépolluer.

### **3.2 Principes de bases et critères de conception**

Le volume des bassins doit être déterminé à partir d'un bilan de masse basé sur la cinétique biologique, en tenant compte des variations du niveau d'exploitation à l'intérieur d'un cycle, donc du volume dans lequel est contenue la biomasse et de la concentration de celle-ci. Il est recommandé de viser une concentration minimale de micro-organismes d'au moins 2.000 mg/L de bassins. Une fois que le volume total requis a été déterminé, il faut fixer le nombre de réacteurs, la durée moyenne d'un cycle et des différentes phases qui le composent.

Le temps de remplissage et le temps de réaction peuvent se surimposer en partie lorsqu'une partie du remplissage se fait en mode mélangé et aéré.

Le volume d'eau remplacé dans un bassin à chaque cycle est égal au produit du débit par le temps de remplissage d'un réacteur. Il faut s'assurer que ce volume n'est pas trop grand de façon à maintenir un volume suffisant pour les boues décantées et maintenir une marge de sécurité entre le voile de boues et le bas niveau d'eau dans le bassin pour prévenir l'entraînement des solides lors du soutirage du surnageant. Il n'est pas recommandé de soutirer plus de 50 % du volume à chaque cycle.

Les durées typiques moyennes des phases peuvent atteindre 1,5 à 3 h pour la réaction incluant le temps de remplissage aéré s'il y a lieu, 0,5 à 1 h pour la décantation et 1 h pour le soutirage. Le temps de repos constitue une marge de sécurité pour les périodes où les débits sont plus élevés, surtout lorsque les variations de débits sont difficilement prévisibles.

L'ajout d'un bassin tampon pour accumuler le substrat avec un système permettant l'alimentation rapide des réacteurs est donc doublement avantageux puisqu'il permet à la fois d'obtenir une biomasse qui décante mieux et donne une plus grande flexibilité dans l'ajustement de la durée des cycles.

Les autres aspects importants de la conception des RBS sont le système d'alimentation, le système d'aération et de mélange, le système de soutirage du surnageant ou effluent traité et le système de contrôle. Divers manufacturiers offrent des ensembles d'équipements incluant un logiciel d'automatisation et de gestion des cycles.

Le système d'alimentation doit permettre de remplir le réacteur à l'intérieur de la période prévue à cette fin dans les cycles les plus courts. Le système de soutirage de l'effluent traité est souvent un système flottant permettant de soutirer l'effluent traité légèrement sous le niveau d'eau, soit le plus loin possible du voile de boues. Il doit être conçu de façon à prévenir l'entraînement des écumes ou des matières flottantes. Il doit également être conçu de façon à éviter d'évacuer à l'effluent une certaine quantité de la liqueur mixte qui aurait été emprisonnée dans le dispositif lors de la phase de réaction.

Le système d'aération et de mélange doit de préférence être conçu pour permettre d'intégrer une phase de mélange sans aération si requis. Si un système d'aération diffuse est installé, il faut alors prévoir des équipements mécaniques pour assurer le mélange lorsque l'aération est à l'arrêt. Il faut s'assurer que la capacité du système est suffisante pour fournir l'oxygène requis à l'intérieur de la période prévue pour la phase aérée des cycles d'exploitation, contrairement à un système de boues activées où l'aération se fait en continu. Les systèmes de commande et d'automatisation doivent permettre une gestion optimale des cycles d'exploitation en fonction des variations prévues des débits et charges. La programmation



des cycles doit pouvoir être ajustée facilement pour tenir compte des conditions réelles d'alimentation.

### **3.3 Dégrillage/décantation primaire**

Les techniques utilisées sont identiques à celles des boues activées.

### **3.4 Réacteur biologique**

La géométrie du réacteur doit être bien adaptée aux différentes séquences de fonctionnement (remplissage, aération avec agitation, décantation, purge des boues), les équipements (pompe de vidange avec prise d'eau flottante, pompe à boues, ...) doivent également être parfaitement adaptés au fait qu'un cycle ne peut interférer sur le fonctionnement d'un autre cycle par ex : pompage de l'eau décantée qui remettrait les boues en suspension).

Dans ce type de réacteur, l'automatisation programmable joue un rôle très important.

### **3.5 Système d'aération**

Les techniques utilisées sont identiques à celles des boues activées.

### **3.6 Clarificateur**

La décantation et l'extraction des boues se fait durant la phase de repos du réacteur biologique.

### **3.7 Bassins des boues**

Il n'y a pas de recirculation des boues à proprement parler mais une partie des boues décantées ont conservée au sein du réacteur en fin de cycle. Celles-ci servent à inoculer l'eau usée apportée dans le cycle suivant.

### **3.8 Exploitation**

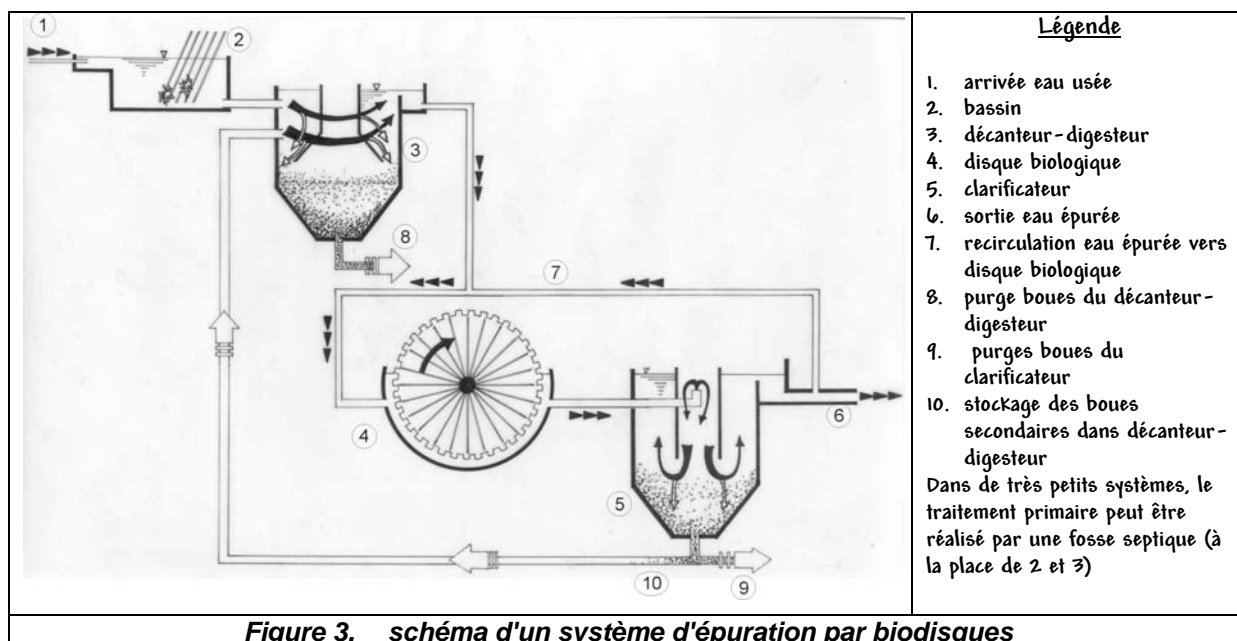
Le bon fonctionnement d'un système de traitement par réacteur biologique séquentiel repose à la fois sur un ensemble d'équipements mécaniques et sur un équilibre biologique relativement fragile. Du fait de la multitude des réglages, ce genre de système est encore plus complexe à exploiter que les boues activées. La bonne marche du système nécessite non seulement l'exploitation et l'entretien des équipements mécaniques, électriques et électroniques mais également un suivi et une compréhension de l'état biologique du procédé de façon à pouvoir apporter rapidement les ajustements requis en cas de détérioration. Dans le cas d'une petite station où l'expertise de l'exploitant est parfois limitée, une vérification périodique du procédé par un expert est un atout important.



## 4 Disques biologiques

### 4.1 Présentation

Le procédé de traitement par des disques biologiques, ou biodisques, est un procédé de traitement biologique à cultures fixées. Le réacteur biologique est constitué de plusieurs disques minces en plastique (ou métalliques) montés sur un axe horizontal.



**Figure 3. schéma d'un système d'épuration par biodisques**

Les micro-organismes responsables de la dégradation sont fixés naturellement sur les disques et forment un biofilm d'une épaisseur d'environ 1 à 4 mm. Environ 40 % de la surface des disques est immergée. Le mouvement rotatif des disques autour de l'axe expose alternativement la biomasse à l'atmosphère et aux eaux usées permettant ainsi de nourrir et d'oxygéner le biofilm et d'aérer et de mélanger les eaux usées. Les forces de cisaillement créées par le mouvement de rotation limitent l'épaisseur du biofilm et entraînent un détachement de la biomasse excédentaire, qui est ensuite séparée de l'effluent au moyen d'un clarificateur. Comme les biodisques sont assez sensibles aux matières en suspension, ils doivent être précédés d'un traitement primaire.

### 4.2 Traitement préalable

Les disques biologiques utilisés pour le traitement des eaux usées domestiques sont généralement précédés d'un dégrillage, d'une décantation primaire et, si nécessaire, d'un bassin d'égalsation.

Un dégrillage moyen (12 à 25 mm d'ouverture) est recommandé pour éliminer les matières fibreuses et autres déchets susceptibles de s'accrocher dans les biodisques.

La décantation primaire est assurée par une fosse septique ou décanteur primaire avec accumulation des boues ou éventuellement un décanteur classique avec évacuation continue des boues dans le cas de grandes installations.

L'étape du traitement primaire doit également permettre de retenir les graisses et écumes.

Lorsque le rapport entre le débit maximal et le débit moyen de conception est  $\geq 2,5$ , ce qui est souvent le cas dans les petites installations, il est recommandé d'ajouter un bassin d'égalisation.

Lorsque l'affluent des biodisques (ou effluent du traitement primaire) risque d'être septique, ce qui se produit lorsqu'une fosse septique est utilisée (ou décanteur primaire avec accumulation des boues), une pré aération de l'affluent est recommandée à moins qu'un système d'aération supplémentaire soit prévu dans la cuve des biodisques. Le bassin d'égalisation aéré peut remplir ces deux fonctions (égalisation et aération préalable d'effluents septiques).

### **4.3 Critères de conception**

Bien que simple en apparence, le procédé de traitement par disques biologiques fait appel à des processus complexes. L'enlèvement du substrat par la biomasse présente sur les disques est limité par la diffusion du substrat à travers le biofilm, par le transfert d'oxygène, par les réactions biochimiques elles-mêmes ainsi que par les caractéristiques physiques du procédé.

La superficie du milieu de support est le facteur clé pour la conception. Cette superficie est reliée au taux de charge organique par unité de superficie de milieu. Plusieurs modèles sont basés sur la  $DBO_5$  soluble, cette forme étant en principe celle qui est utilisée par la biomasse. Cependant, des auteurs considèrent que la charge organique particulaire doit également être prise en considération parce qu'une partie importante de cette charge sera hydrolysée et servira de substrat. Du fait du caractère empirique du dimensionnement, il est préférable de demander au fournisseur qu'il présente sa méthode de dimensionnement et ses garanties de résultat.

Dans le cas d'eaux usées domestiques, on utilise fréquemment des charges de 8 à 10 g de  $DBO_5/m^2.j$ .

### **4.4 Nombre d'étages**

Les disques biologiques doivent être répartis en plusieurs étages séparés. Un système de traitement secondaire typique comporte généralement 3 ou 4 étages. Il est à remarquer que dans les petites installations, ces étages peuvent être contenus sur un même arbre et sont séparés par des chicanes assurant ainsi une indépendance hydraulique des différentes parties.

### **4.5 Milieu de support**

Les disques proprement dits, ou milieu de support de la biomasse, sont généralement fabriqués en polyéthylène de haute densité (à ne pas confondre avec la densité ou surface spécifique du milieu). La surface du disque est irrégulière, de manière à présenter un maximum de surface de contact par unité de volume sans occasionner de colmatage. Ce ratio (surface de contact/volume occupé par le biodisque) est appelé densité du support.

L'espacement entre les disques doit permettre le passage des eaux usées et de l'air sans causer de problèmes de pontage ou de colmatage par la biomasse. Chaque disque doit être

suffisamment rigide pour supporter la biomasse afin d'éviter qu'il y ait colmatage du fait des déformations qu'il subirait.

Un milieu de faible densité présente une surface spécifique d'environ  $115 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Les milieux de moyenne à haute densité présentent des surfaces spécifiques d'environ 135 à un peu plus de  $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

Seuls les milieux de faible densité peuvent être utilisés comme premier stade de traitement où la charge appliquée est la plus grande, entraînant une plus grande épaisseur de biofilm.

Les milieux de moyenne à haute densité peuvent être utilisés dans les derniers stades, surtout lorsque de grandes superficies sont prévues pour permettre la nitrification. Un taux de charge excessif sur le premier étage provoque un épaissement du biofilm, un dépassement des capacités de transfert d'oxygène et l'apparition de micro-organismes indésirables de type Beggiatoa, formant une biomasse blanchâtre. Il en résulte des problèmes de septicité, une détérioration des rendements, une surcharge structurale et des risques de bris d'équipements. Pour prévenir de tels problèmes, le taux de charge organique sur le premier stade ne doit pas dépasser  $30 \text{ g DBO}_5 \text{ totale}/\text{m}^2 \cdot \text{j}$  ou  $12 \text{ g DBO}_5 \text{ soluble}/\text{m}^2 \cdot \text{j}$ . Il peut être souhaitable d'ajouter de la flexibilité à l'installation en prévoyant une chicane amovible entre les deux premiers stades ou encore au moyen de tuyauterie permettant une alimentation étagée des deux premiers stades en cas de surcharge.

#### **4.6 Suivi du biofilm**

L'installation doit être conçue de manière à permettre à l'exploitant de vérifier la présence de surcharge et d'intervenir en cas d'épaississement excessif du biofilm. Diverses options peuvent être considérées dont une sonde de mesure d'oxygène dissous et une cellule indiquant la masse totale appliquée à l'arbre pour permettre de déceler les problèmes de surcharge, ainsi qu'un système d'entraînement à vitesse variable et la possibilité d'inversion du sens de rotation pour permettre un décrochage de biomasse en excès.

#### **4.7 Aération supplémentaire**

L'ajout d'un système d'injection d'air dans les eaux usées contenues dans le bassin des disques est optionnel. Il s'agit d'une flexibilité additionnelle qui peut s'avérer particulièrement intéressante lorsque les charges à l'affluent sont élevées et qu'il n'y a pas de bassin d'égalisation aéré en amont. L'apport d'air aide à limiter l'épaisseur du biofilm en décrochant la biomasse excédentaire, élimine la septicité et assure des conditions aérobies.

#### **4.8 Bassins**

La recirculation d'une partie de l'effluent en tête des biodisques favorise un meilleur étalement de la charge sur le milieu de support, surtout lorsque le débit est faible et la concentration élevée. Elle permet aussi un apport additionnel d'oxygène dissous au premier stade. Bien qu'il soit optionnel, un système de recirculation est recommandé dans tous les cas où l'on anticipe des périodes de débits très faibles par rapport au débit de conception. Le taux de recirculation habituellement recommandé est d'environ 25 % du débit moyen de conception.

## **4.9 Aspects structuraux et mécaniques**

L'arbre supporte le milieu et lui transmet le mouvement de rotation. Il doit être conçu en tenant compte de divers éléments tels le milieu et les supports ainsi que la biomasse accumulée sur une épaisseur pouvant atteindre environ 5 mm d'épaisseur. Il doit pouvoir résister au phénomène de fatigue lié à l'alternance du sens de la charge engendrée par le mouvement de rotation pour une durée de vie d'au moins 20 ans.

Il faut aussi tenir compte de la résistance à la corrosion, et tout autre facteur susceptible d'en influencer la résistance structurale. Il en est de même pour toute la structure de support reliant les disques à l'arbre, qui est également soumise au phénomène de fatigue en milieu très corrosif (sulfureux et micro-organismes). Le choix des matériaux doit être effectué de façon à prévenir la corrosion galvanique. Les coussinets doivent être conçus de manière à en limiter les bris et permettre une lubrification adéquate.

Les équipements doivent pouvoir résister à un environnement humide et corrosif.

## **4.10 Clarificateur**

La biomasse en excès qui se détache du milieu doit être séparée de l'effluent au moyen d'un clarificateur.

Les conditions d'exploitation du clarificateur d'une chaîne de traitement par biologiques est différente de celles d'un décanteur de boues activées et se compare davantage à celles d'un traitement par lits bactériens. La concentration de l'effluent du bassin des biodisques est beaucoup plus faible que celle des boues activées, soit de l'ordre de 200 mg/L. Par ailleurs, la décantation des particules fines n'est pas favorisée par les conditions de floculation et de voile de boue comme dans les boues activées.

Le taux de charge hydraulique superficiel souvent recommandé dans la littérature pour la décantation d'effluents de lits bactériens est de l'ordre de 14 à 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.j à Q moyen et de 20 à 36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.j à Q maximal. Les valeurs les plus faibles doivent être utilisées pour les plus petites installations. La profondeur normalement requise pour un décanteur secondaire est d'au moins 3,6 m. Pour les plus petits décanteurs, une profondeur un peu plus faible, soit de l'ordre de 2,5 à 3,0 m, peut être acceptable. Les décanteurs doivent de préférence être munis d'un racleur mécanique. En l'absence de racleur, ce qui est souvent le cas dans les plus petits décanteurs, il faut éviter les décanteurs à fond plat et aménager des pentes d'au moins 50° à 60° (avec l'horizontale) vers une ou plusieurs trémies d'extraction des boues. Le décanteur doit être conçu de manière à permettre d'intercepter les matières flottantes.

## **4.11 Recouvrement**

Idéalement, les disques biologiques doivent être protégés par un abri. En plus de prévenir les problèmes de gel à basse température, l'abri protège le milieu de support des rayons UV et aide à prévenir la prolifération d'algues sur le milieu.

L'abri doit être conçu de façon que le milieu et les équipements demeurent accessibles et que l'on puisse effectuer le remplacement complet d'une unité de biodisques en cas de bris.

## **4.12 Extraction des boues**

De façon générale, il est préférable que les boues en excès soient extraites de la chaîne liquide. Il est toutefois courant dans les petites stations d'utiliser une fosse septique comme traitement primaire, permettant ainsi d'y accumuler les boues primaires. Les boues du décanteur secondaire doivent, par contre, être extraites au moins quotidiennement de façon à prévenir les remontées de boues et les pertes dans l'effluent. Il est donc recommandé d'aménager un bassin séparé de stockage des boues secondaires même dans le cas de systèmes de petite capacité et de ne retourner que le surnageant. Lorsque la station est munie d'un bassin d'égalisation, c'est à cet endroit que le surnageant est dirigé.

## **4.13 Exploitation**

Un suivi de la qualité de l'effluent doit être effectué conformément aux exigences du constructeur.

L'exploitant doit s'assurer du bon fonctionnement des équipements de prétraitement. Il en est de même pour le système de traitement primaire. Lorsqu'il s'agit d'un décanteur primaire avec accumulation de boues (décanteur/digesteur) ou d'une fosse septique, un suivi de l'accumulation des boues et des écumes est requis. S'il s'agit d'un décanteur primaire conventionnel, il faut s'assurer du bon fonctionnement du système d'extraction des boues.

Les équipements mécanisés nécessitent un bon programme d'inspection et d'entretien préventif. Ceci est d'autant plus vrai dans le cas des biodisques où des bris majeurs pouvant nécessiter le remplacement de l'arbre et des disques peuvent entraîner des coûts élevés et de longues périodes d'arrêt du traitement si l'exploitant n'intervient pas à temps. Les divers éléments mécaniques (moteur, réducteur de vitesse, système d'entraînement, coussinets et autres) doivent être inspectés régulièrement et faire l'objet d'un calendrier d'entretien préventif. Les éléments structuraux du procédé (arbre, supports des disques et autres) et le milieu lui-même (déformation, affaissement) doivent être inspectés fréquemment.

Toute anomalie des éléments mécaniques ou structuraux du procédé doit être relevée et doit faire l'objet d'une analyse par des spécialistes afin de permettre d'intervenir s'il y a lieu avant qu'il n'y ait une détérioration plus importante ou des bris majeurs. Le fonctionnement du procédé comme tel doit aussi être observé régulièrement afin de prévenir les problèmes de colmatage du milieu, de perte de rendement, d'usure prématurée et même de bris d'équipements. Des lectures du capteur de poids de l'arbre et des mesures du niveau d'oxygène dissous dans le premier stade permettent de déceler des problèmes de surcharge. Des facteurs qualitatifs comme la formation d'une biomasse de couleur blanchâtre, l'épaississement excessif du film biologique (par exemple au-delà de 3,0 mm d'épaisseur) et la présence d'odeurs de sulfure d'hydrogène peuvent aussi indiquer des problèmes de surcharge. La charge appliquée doit être vérifiée à partir du suivi du débit et de la concentration des eaux usées.

La vitesse de rotation des disques doit être vérifiée. S'il s'agit de disques entraînés à l'air, le débit d'air doit être ajusté au besoin pour maintenir une vitesse de rotation adéquate. Une attention particulière doit être apportée au redémarrage à la suite d'une panne d'électricité ou autre. Après un arrêt prolongé (6 heures ou plus), une intervention sur la biomasse peut être requise pour remédier aux problèmes de balourd (inégalité de la répartition des poids sur toute la surface des disques).

Le clarificateur doit être suivi de la même manière que pour les boues activées à recirculation.

## 5 Traitements physico-chimiques

Dans la mesure où ce manuel est consacré aux petits systèmes de traitement des eaux ménagères usées, ce type de solution est simplement cité pour mémoire. Le principe de coagulation-floculation-décantation (ou flottation) est parfois utilisés afin d'éliminer le phosphore des eaux ménagères usées.

Ce procédé est principalement appliqué à des rejets difficilement ou peu biodégradables.

## 6 Les lits bactériens

### 6.1 Présentation

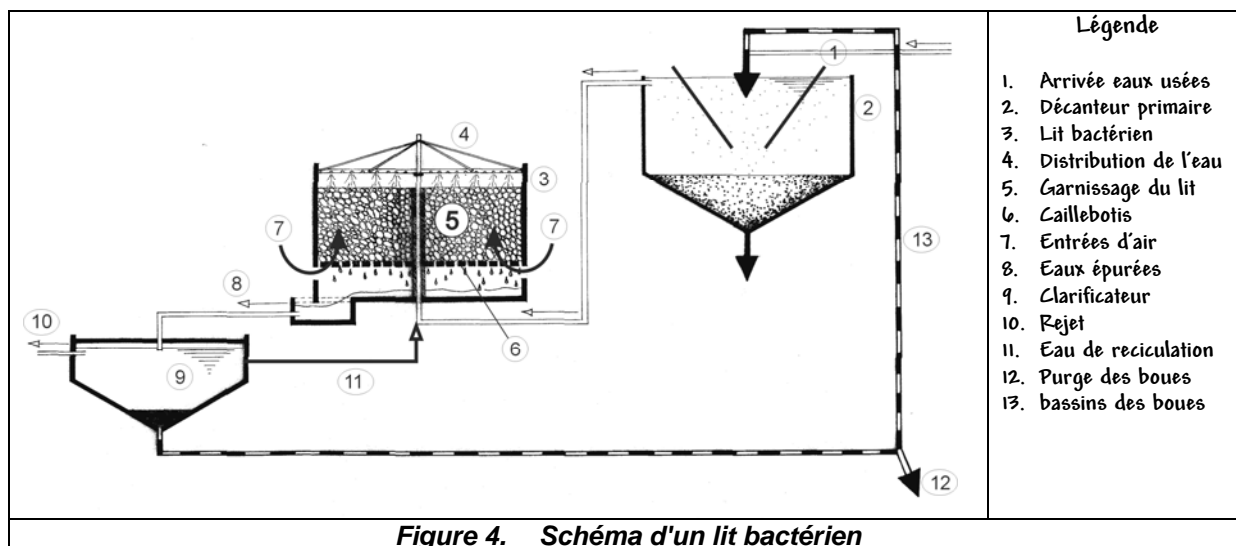


Figure 4. Schéma d'un lit bactérien

Le lit bactérien est un réacteur biologique aérobie constitué d'un bassin cylindrique, quelque fois rectangulaire, souvent hors sol, mais pouvant être partiellement enterré, rempli de matériaux à surface spécifique élevée (de 50 à 250 m<sup>2</sup> par m<sup>3</sup>) sur lesquels se forme un biofilm.

Les eaux usées sont dispersées uniformément sur le sommet et ruissellent à travers les matériaux sur lesquels se développeront des biofilms de bactéries (env. 80%), d'algues, de protozoaires (env. 10%), de vers et de moisissures (10%). Les vers, macro invertébrés et larves contribuent à empêcher le colmatage du garnissage par le biofilm.

Des mouches (*Psychoda*) se reproduisent et vivent autour du lit bactérien.

L'eau usée ruisselle au travers du matériau de garnissage et forme un film liquide traversé par l'oxygène de l'air et par le gaz carbonique provenant de la biomasse. Les matières à dégrader sont transférées de la phase liquide à la biomasse fixée qui se subdivise de l'extérieur vers l'intérieur en :

- couche aérobie en croissance,
- couche aérobie ne recevant pas de substrat, mais en respiration endogène,
- couche de fermentation anaérobie.

Le biofilm qui se forme dans un nouveau lit bactérien est mûr après environ 20 jours. Au-delà d'une certaine épaisseur (0,1-0,2 mm) et d'un certain temps (formation de gaz dans la couche anaérobie), le biofilm se détache progressivement et se renouvelle en 2-3 jours (et d'autant plus vite que la biomasse trouve des surfaces irrégulières où se fixer). Cet auto curage est important et détermine partiellement l'efficacité du lit bactérien. La masse de biomasse est donc plus ou moins constante dans un lit bactérien à charge normale ou forte. L'épaisseur du biofilm s'équilibre en fonction du taux de matières organiques dans les eaux à traiter, mais elle sera plus importante si la DBO<sub>5</sub> des eaux augmente.



Ces réacteurs sont placés en aval du traitement primaire (dégrillage avec éventuellement décanteur/digesteur) et disposent d'une recirculation des effluents. Une recirculation trop importante pourrait toutefois diminuer le rendement (percolation trop rapide), mais un débit trop faible peut occasionner le colmatage du garnissage, engendrer des écoulements préférentiels, avec réduction du rendement d'épuration.

Les matériaux de garnissage actuels sont en plastiques, PVC, PE, PP, polystyrène, tuyaux annelés ; ils sont légers et offrent des surfaces spécifiques élevées avec un pourcentage de vide élevé. Ces matériaux permettent:

- d'augmenter la charge massique de ces lits bactériens qui est souvent de l'ordre de 2 kg de DBO<sub>5</sub>/j.m<sup>3</sup> de garnissage,
- d'éviter les colmatages tout en augmentant la hauteur (jusqu'à plus de 10 m).

Les lits bactériens acceptent facilement des variations de charges importantes.

Pour répartir uniformément (et constamment pour maintenir le lit humide) les eaux à traiter sur la section supérieure du lit bactérien, des arroseurs rotatifs (rampes mobiles) tournent lentement ou des distributeurs fixes sont placés uniformément au-dessus du lit de garnissage.

Les boues plus ou moins stabilisées (d'autant plus stabilisées que le flux journalier est faible) entraînées avec les effluents sont séparées facilement dans un clarificateur du même type que pour les boues activées mais à vitesse ascensionnelle plus élevée, de l'ordre de 1 à 1,2 m/s.

## 6.2 Dimensionnement

Les principaux paramètres de dimensionnement des lits bactériens sont la charge organique par unité de volume ( $C_v$ ), la charge hydraulique ( $C_h$ ), la hauteur de matériau et le taux de recyclage. Leurs valeurs varient en fonction du niveau de rejet à atteindre et du matériau de remplissage du lit.

Les valeurs habituellement rencontrées sont :

$C_v$  = Flux journalier de DBO<sub>5</sub> à l'entrée du lit / Volume du matériau (kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.j) : de l'ordre de 0,7 kg/m<sup>3</sup>.j.

$C_h$  = Débit d'alimentation du lit / Surface horizontale (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h) : environ 1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h pour les matériaux traditionnels et 2,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h pour les matériaux plastiques. Cette valeur conditionne le taux de recirculation à prévoir.

Les valeurs des charges généralement prises comme référence correspondent à :

- une concentration de sortie inférieure à 35 mg/l de DBO<sub>5</sub>,
- un taux de recirculation minimal de 200 %,
- une hauteur minimale de 2,5 m pour les lits bactériens avec un matériau de remplissage traditionnel,
- une hauteur minimale de 4 m pour les lits bactériens avec un matériau de remplissage plastique.

La charge hydraulique est régulée par le taux de recirculation. Des charges hydrauliques trop faibles peuvent engendrer des déficits en oxygène du biofilm et être à l'origine de pertes de rendement et de mauvaises odeurs.



Le traitement primaire doit être particulièrement efficace au niveau du bassins Toutes les particules supérieures à 10 mm doivent être éliminées des eaux usées, avant percolation dans le lit bactérien.

## 7 Lagunage aéré

Le traitement des eaux usées par les procédés de lagunage se caractérise d'abord par sa grande simplicité. Une autre caractéristique importante est son grand pouvoir tampon face aux variations de charges organiques ou hydrauliques, en raison du temps de rétention hydraulique qui est beaucoup plus élevé que dans les autres procédés.

Les bassins anaérobies sont parfois utilisés comme première étape de traitement d'eaux usées mais peuvent occasionner des nuisances olfactives.

Les bassins aérés aérobie sont des bassins où l'on injecte suffisamment d'air et d'énergie de brassage pour maintenir les solides en suspension et assurer des conditions d'oxygène dissous en tout point. Ces derniers sont à plus court temps de rétention et sont aussi utilisés le plus souvent comme première étape de traitement lorsque les charges sont élevées.

### 7.1 Présentation

Les bassins aérés facultatifs sont constitués de bassins dans lesquels l'oxygénation est réalisée au moyen de diffuseurs d'air installés au fond des bassins ou d'aérateurs de surface. Les bassins sont en condition de mélange partiel, c'est-à-dire que l'énergie de brassage est insuffisante pour éviter tout dépôts. Seule une partie des matières solides est maintenue en suspension. Une partie des matières en suspension décantent au fond des bassins, où elles constituent les boues qui entrent en digestion anaérobie (notion de bassin facultatif). Les charges organiques appliquées et les matières organiques solubles provenant de la digestion des boues sont oxydées dans les zones supérieures aérobie. Pour obtenir un effluent clarifié, il est nécessaire de prévoir une zone sans apport d'air à la fin du dernier bassin ou un dernier bassin non aéré.

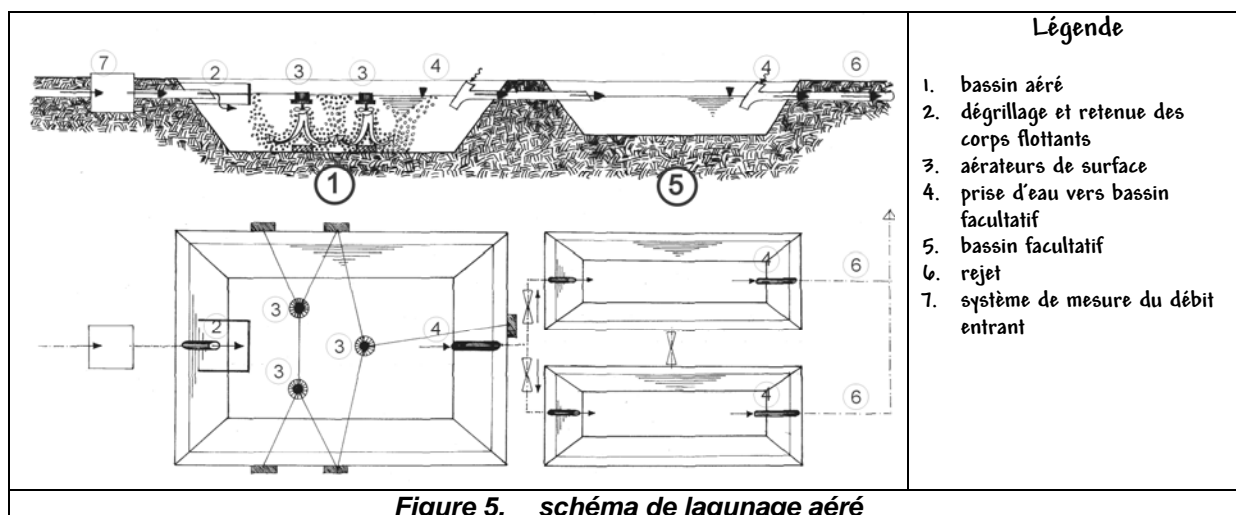


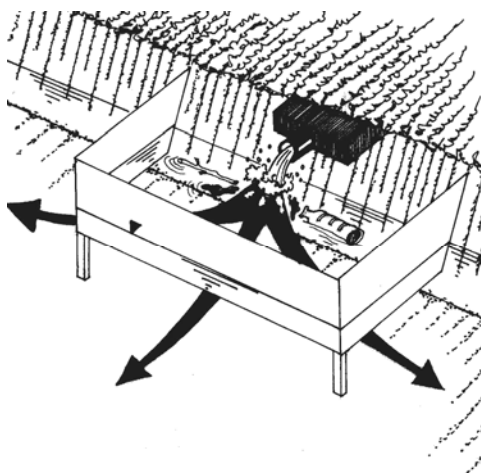
Figure 5. schéma de lagunage aéré

Généralement, les lagunes aérées sont suivies de lagunes non aérées, moins profondes, qui continuent une dégradation et une décantation complémentaire.

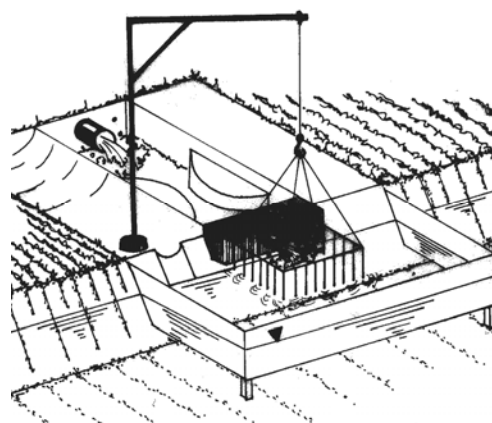
## 7.2 Traitement préalable

De façon générale, aucun équipement de prétraitement n'est requis pour les petites stations d'épuration de type bassins aérés. Les eaux usées brutes sont acheminées directement dans le premier bassin. Il est important de s'assurer que les équipements d'aération utilisés sont compatibles avec le traitement d'eaux usées sans dégrillage ou d'inclure les équipements nécessaires, le cas échéant.

Un dégrillage en amont des bassins aérés peut envisagé particulièrement dans le cas de réseaux unitaires. Il a pour but de réduire la quantité de résidus à la surface et sur les rives des bassins et de minimiser la présence de déchets, laquelle est peu souhaitable dans les boues susceptibles d'être valorisées. La pertinence du système de dégrillage est alors évaluée cas par cas.



**Figure 6.** illustration d'un équipement de retenue des corps flottants pour le lagunage



**Figure 7.** équipement de mesure du débit (venturi), dégrillage et retenue des corps flottants pour le lagunage

## 7.3 Critères de conception

### 7.3.1 Nombre de bassins

Il est reconnu que pour un temps de rétention total donné, le rendement augmente avec le nombre de cellules en série, du moins jusqu'à un total de quatre cellules.

La réalisation d'au moins deux bassins en série est privilégiée pour les petites stations. L'un des bassins ou les deux peuvent être séparés au moyen d'un mur rideau de façon à obtenir trois ou quatre cellules, permettant ainsi d'augmenter le rendement sans devoir augmenter le temps de rétention. L'aménagement d'un seul bassin séparé en deux ou trois cellules au moyen d'un ou deux murs rideaux n'est pas recommandé parce qu'il nécessite une mise hors service de toute la station si un bassin doit être vidangé pour une réparation. Un aménagement de ce genre peut toutefois être toléré pour les très petites installations, par exemple de l'ordre de 50 m<sup>3</sup>/j (150 à 350 EH en fonction des apports en eaux pluviales) et moins sauf en présence d'un milieu récepteur très sensible où un déversement temporaire en cas de vidange ne pourrait être accepté.

### 7.3.2 Système d'aération

Dans les bassins aérés facultatifs, le système d'aération doit fournir une quantité d'oxygène suffisante pour satisfaire aux demandes carbonée et azotée dans chaque bassin pour chaque condition particulière d'alimentation en tenant compte des diverses formes d'activités biologiques qui se produisent dans les bassins. Il doit aussi assurer une dispersion adéquate de l'oxygène dissous. Pour ce faire, une concentration minimale d'oxygène dissous de 2 mg/L doit être maintenue en tout temps partout dans les bassins sauf dans la couche de boues déposées.

Parmi les éléments importants à tenir compte pour les aérateurs de surface, mentionnons les appareils qui doivent être installés de façon stable pour ne pas renverser. Il faut s'assurer qu'ils sont accessibles en toute sécurité pour en assurer l'entretien et qu'ils peuvent être sortis des bassins pour y effectuer des réparations majeures. Il faut prévoir au moins deux appareils par bassin de façon à éviter un arrêt complet de l'aération du bassin en cas de panne. Un système de dégrillage doit être prévu en amont des bassins si ces appareils d'aération sont prévus dans le premier bassin. Ils sont parfois munis de câbles chauffants pour permettre la remise en marche des aérateurs à la suite d'une panne de courant prolongée en hiver.

Dans le cas de fortes variations de charge, il est économique de prévoir la fermeture possible de certaines composantes du système d'aération lorsque la demande en oxygène est plus faible.

La largeur au fond des bassins doit être suffisante pour permettre de placer adéquatement les appareils d'aération. Les coins des bassins sont légèrement arrondis. Le fond doit être de niveau. Ceci est particulièrement important lorsque le système d'aération est constitué de conduites de distribution au fond des bassins avec des orifices, afin d'avoir une hauteur d'eau constante au-dessus des orifices et permettre une répartition uniforme de l'air.

Pour des faibles débits, il devient difficile d'aménager des bassins avec des parois ayant une pente de  $\frac{1}{2}$  et la profondeur d'eau requises tout en maintenant une superficie suffisante utilisable par systèmes d'aération (la partie plate du fond du bassin). Dans ce cas, le principe des bassins aérés a été adapté en utilisant des bassins à parois verticales, le plus souvent en béton. Ces bassins à parois verticales peuvent prendre diverses formes. Des installations municipales de l'ordre de 50 à 150 m<sup>3</sup>/j ont été réalisées avec des bassins circulaires divisés en 2 ou en 3. Le principe des bassins aérés peut s'appliquer à des débits encore plus faibles en choisissant une configuration géométrique et des équipements en conséquence.

Pour des bassins de faible superficie, où l'action du vent est moins significative, une revanche de hauteur moindre, par exemple réduite à 0,6 m plutôt que 1 m, peut être acceptable, la hauteur d'eau au débit maximal.

### 7.3.3 Alimentation des bassins, collecte de l'effluent et transfert entre les bassins

Dans les petits bassins, il est acceptable de ne prévoir qu'une conduite d'entrée et une conduite de sortie. La conduite d'entrée doit alors diriger les eaux vers une zone agitée par le système d'aération pour favoriser sa répartition. La sortie du premier bassin doit être le plus loin possible de l'entrée et la sortie du dernier bassin doit être située dans une zone

tranquille. Le regard de sortie doit être muni d'un déversoir ajustable permettant de faire varier le niveau d'eau dans le système.

Dans un système de bassins en série, des conduites de contournement de chaque bassin sont normalement prévues de façon à pouvoir maintenir un certain niveau de traitement s'il est nécessaire de vidanger l'un des bassins. Pour des raisons d'économie, les petites stations de type bassins aérés peuvent être acceptées sans conduites de contournement sauf en présence d'un milieu récepteur très sensible susceptible de subir des dommages importants même en cas de déversement temporaire.

La tuyauterie des bassins doit permettre de cheminer les eaux usées en période de débit maximal sans entraîner de refoulement ou de rehaussement excessif du niveau de l'eau. Il faut s'assurer de l'étanchéité de la paroi autour des conduites d'entrée et de sortie de chaque bassin. Il faut aussi s'assurer qu'il n'y ait pas de problèmes d'érosion autour des conduites d'entrée et de sortie des bassins.

Des conduites de trop-plein d'urgence sont généralement installées entre le niveau d'eau normal et le sommet des digues.

## **7.4 Contraintes à l'installation de lagunes**

Outre le fait que les lagunes occupent beaucoup de place, la réduction de leur coût de construction passe par une optimisation des matériaux (terres principalement) disponibles sur place.

L'étude du site revêt une grande importance dans l'élaboration d'un projet de traitement d'eaux usées au moyen de bassins aérés. En plus de la topographie et d'autres caractéristiques générales du site, de même que des caractéristiques des lieux environnants, la conception et les conditions d'installation des bassins nécessitent des études géotechniques adéquates et suffisamment documentées.

Les études géotechniques doivent permettre de déterminer les risques d'instabilité, la position et les risques de contamination de l'aquifère, le potentiel de réutilisation des sols pour construire les digues comme barrière d'étanchéité, les difficultés de construction, la profondeur des bassins et le système de drainage requis s'il y a lieu. Elles doivent répondre aux besoins liés à la conception optimale des ouvrages et à la planification de la construction.

Une attention particulière doit être accordée à la dégradation des berges du fait du batillage de l'eau en mouvement, particulièrement dans le cas d'utilisation d'aérateurs de surface.

## **7.5 Contraintes d'étanchéité**

Les bassins aérés sont le plus souvent constitués de bassins en terre construits à même le sol, avec ou sans ajout d'une membrane d'étanchéité, et ne sont pas parfaitement étanches. Une certaine quantité d'eaux usées pénètrent dans les sols naturels périphériques. L'étanchéité devrait au départ être suffisante pour permettre de maintenir un niveau d'eau permettant d'exploiter adéquatement le système d'aération. Il faut aussi tenir compte du risque de nuisances par les exfiltrations lorsque vient le temps de décider si un système d'étanchéité est requis et, le cas échéant, pour en fixer le rendement. Le choix du degré d'étanchéité à retenir pour un projet donné dépend de son contexte environnant, soit :

- des conditions hydrogéologiques associées à l'utilisation de l'aquifère pour des fins d'approvisionnement (nappes exploitées ou exploitables),

- des risques de perturbation des activités périphériques causés par la remontée de la nappe (stabilité des sols et modification de la qualité et de l'affectation des sols situés à l'aval de la station),
- des problèmes potentiels de stabilité résultant de résurgences,
- de la protection des équipements.

Si le site d'implantation de la station se trouve dans une zone non sensible, c'est à dire :

- éloignée de toute nappe exploitée ou exploitable (1km),
- séparée des nappes exploitées ou exploitables par une barrière naturelle étanche,
- à l'aval des nappes exploitées ou exploitables,

Les seuls critères d'étanchéité doivent concerner le bon fonctionnement des bassins et la stabilité géomécanique des abords et alentours.

D'une manière général, il est admis que le point de captage d'eau est protégé pour autant que le temps de séjour, dans le sol, de l'eau provenant de la station d'épuration est d'au moins 100 jours avant d'atteindre la zone d'influence du puits à protéger.

Pour des stations de petite taille (< 1.000 EH) situées en zone non sensible, des infiltrations représentant 50% du débit entrant sont admises dans certains pays (Canada). Ce qui représente, pour une lagune d'une profondeur de 2 m, une conductivité hydraulique de  $10^{-6}$  m/s. En France, la valeur de référence est de  $10^{-8}$  m/s (25 cm minimum). Il est important de remarquer qu'au cours du fonctionnement de la station d'épuration, le sol va petit à petit perdre de sa perméabilité du fait de l'accumulation des boues au fond du bassin. Dans la mesure où des valeurs de  $10^{-8}$  m/s sont aisément réalisables, particulièrement dans les sols limoneux ou argileux. Si le sol présente une faible aptitude à un tel niveau d'étanchéité, il est préférable d'opter pour d'autres techniques d'épuration.

Si cette perméabilité n'est pas atteinte, par le sol mis en place la géomembrane devra être installée et protégée des risques d'altération lors de l'évacuation des boues.

Pour des installations de petite taille (<1.000 EH) situées en zone très sensible (nappe exploitée ou exploitable à moins de 500 m voire 1 Km), il est préférable de la déplacer.

Les bassins peuvent être établis directement en excavation dans le sol en place lorsqu'il s'agit d'un sol peu perméable, en s'assurant que l'épaisseur de sol peu perméable est suffisante pour atteindre les objectifs d'étanchéité visés.

Dans les petits bassins à parois verticales en béton, le béton agit comme barrière hydraulique.

## **7.6 Accès au site**

Dans la mesure où ce type d'infrastructure exerce un certain attrait vis-à-vis de la population et que la nature des eaux traitées doit imposer un minimum de vigilance, les bassins doivent être entourés d'une clôture servant à limiter l'accès aux ouvrages de traitement des eaux usées. Il s'agit généralement d'une clôture d'une hauteur de 2 mètres posée. Des panneaux d'avertissement doivent indiquer la nature des installations et en interdire l'accès.

## **7.7 Eloignement vis à vis des habitations**

Les bassins sont généralement situés loin des habitations compte tenu qu'il peut en résulter des odeurs à certaines périodes de l'année. Les distances recommandées peuvent aller de

60 m par rapport au bâtiment desservi dans le cas d'une installation privée (Saskatchewan, 1995) jusqu'à 600 m pour des installations municipales plus importantes [9]. La distance la plus souvent recommandée dans la littérature est de 200m [5]. à 300 m (WEF-ASCE, 1998, Alberta Environmental Protection, 1996) [9],

## **7.8 Exploitation**

Les principaux éléments à considérer pour l'exploitation et l'entretien des bassins aérés sont les équipements d'aération, la tuyauterie, les ouvrages de génie civil et l'état des lieux en général.

Le système d'aération comporte des équipements mécaniques, qu'il s'agisse de surpresseurs ou d'aérateurs de surface, qui nécessitent un entretien régulier. Des vérifications régulières des vannes, clapets ou autres sont requises. L'exploitant doit vérifier régulièrement le bon fonctionnement général du système d'aération par une inspection visuelle des zones de brassage dans chaque bassin. Il doit aussi procéder à des mesures d'oxygène dissous à l'effluent et dans chaque bassin et ajuster le débit d'air s'il y a lieu. La présence d'odeurs doit être notée et des vérifications doivent alors être faites afin d'y remédier.

L'état et le fonctionnement des vannes, déversoirs ou autres composantes du réseau de tuyauterie d'eaux usées des bassins doivent être vérifiés. Des observations régulières du niveau d'eau dans les bassins sous diverses conditions de débits, comparativement au profil hydraulique prévu à la conception, peuvent permettre de déceler des problèmes reliés au réseau de tuyauterie.

L'exploitant doit vérifier visuellement la stabilité des talus et digues des bassins, l'occurrence de suintement à l'extérieur des digues, toute fissure ou déplacement de la membrane, toute trace d'érosion ainsi que tout affaissement du sol autour de regards et structures. Il faut s'assurer que les structures n'ont pas été affectées ou déplacées par le gel ou le dégel.

Toute baisse anormale du niveau d'eau doit être signalée. Si les bassins sont munis d'un système de drainage de la nappe, l'exutoire doit être inspecté.

L'exploitation comprend aussi l'entretien général des lieux et la lutte contre la prolifération de la végétation sur les digues. Si un bâtiment abrite des équipements d'aération, il faut entre autres s'assurer du bon fonctionnement de la ventilation.

L'exploitant doit procéder à des mesures d'accumulation des boues au moins une fois par trois ans. Lorsque le volume de boues représente au moins 10 % du volume du bassin ou que le niveau des boues se situe à un mètre ou moins sous le niveau de la conduite de sortie, les boues doivent être évacuées. Les mesures doivent être effectuées à divers points répartis dans les bassins et en particulier dans la zone de décantation du dernier bassin. Le nombre de points de mesure recommandés est de 12 pour les bassins dont la surface au fond est inférieure à 2 000 m<sup>2</sup>.

Les boues doivent être évacuées conformément à la législation.

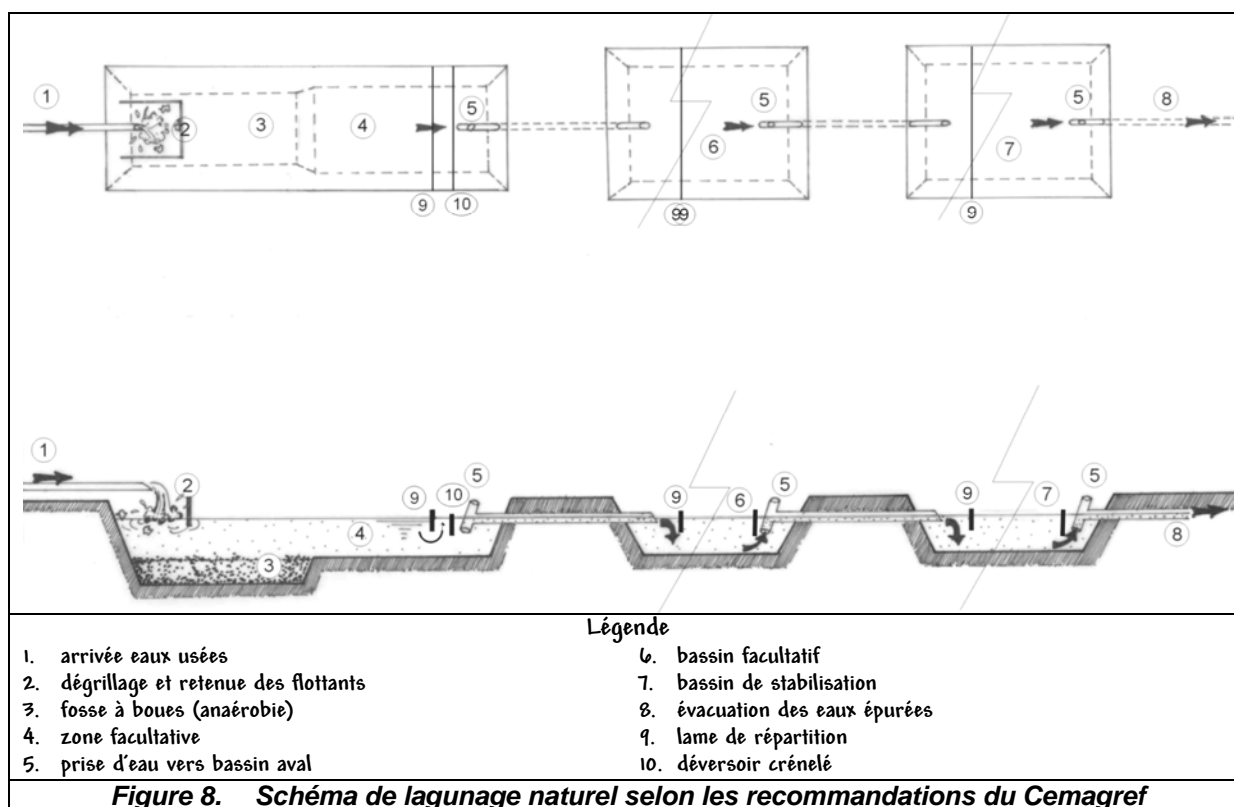
Un manuel d'exploitation doit permettre à l'exploitant de bien comprendre le fonctionnement du système et l'informer sur les tâches à accomplir et la fréquence associée à ces tâches.



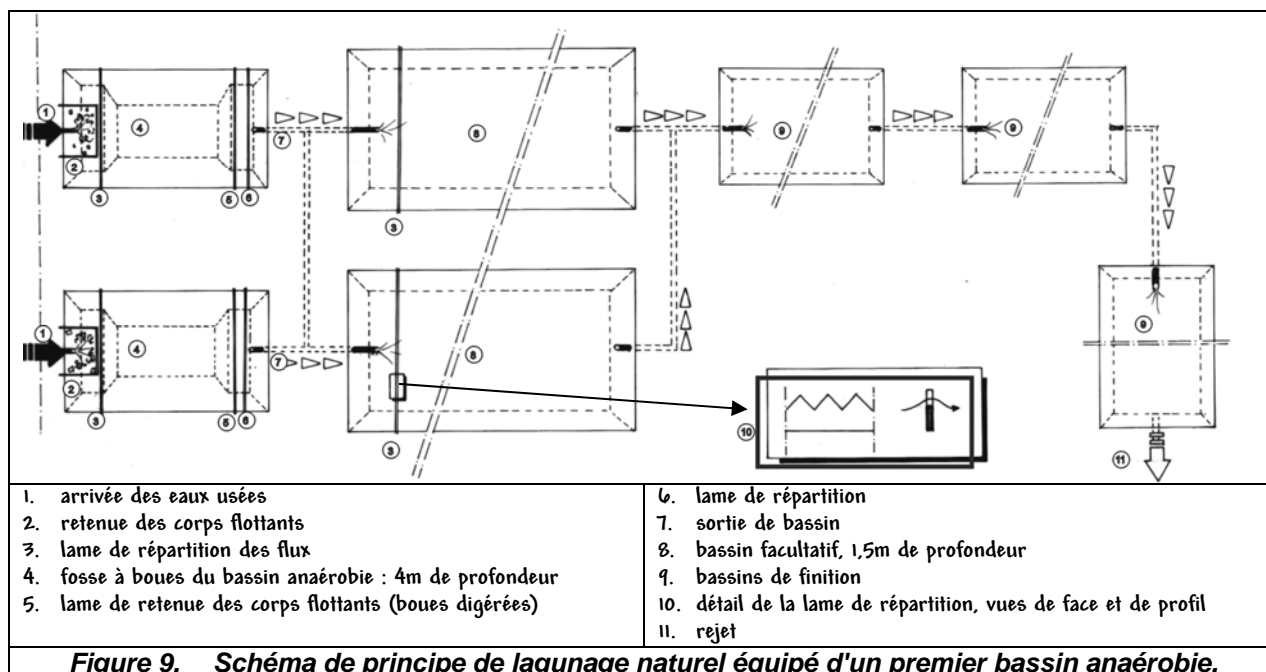
## 8 Lagunage naturel

### 8.1 Présentation

Les bassins non aérés utilisés pour le traitement des eaux usées domestiques sont généralement des bassins facultatifs. Ils sont constitués de grands bassins en terre de profondeur moindre que les bassins aérés. L'oxygénation se fait de façon naturelle au contact de l'atmosphère et surtout par les algues (lagunage à microphytes) ou les végétaux (lagunage à macrophytes) qui produisent de l'oxygène par photosynthèse. La couche inférieure est anaérobie. Entre ces deux couches se trouve une zone intermédiaire facultative avec des conditions aérobies et anaérobies pouvant varier dans le temps et dans l'espace. Ces couches ne sont pas toujours bien définies, surtout lorsque des mouvements verticaux sont induits par des courants divers à certaines périodes de l'année. Parfois le système est précédé d'un bassin anaérobie plus profond.







**Figure 9. Schéma de principe de lagunage naturel équipé d'un premier bassin anaérobie.**

L'oxygène peut être fourni par des algues microscopiques (lagunage à microphytes) ou par des plantes supérieures (lagunage macrophyte). L'expérience française tente à démontrer que le lagunage à macrophyte induit des contraintes supplémentaires d'exploitation qu'aucune augmentation de performance ne justifie [11].

Les matières décantables s'accumulent au fond des bassins, surtout dans le premier bassin, et forment une couche de boues dans la zone anaérobie.

La présentation qui suit traite plus particulièrement des lagunes à microphytes.

## 8.2 Traitement préalable

Les eaux usées sont généralement acheminées directement dans les bassins non aérés sans prétraitement, un bassin ou un système de retenue des corps flottants (Cf. lagunage aéré) est parfois utilisé afin d'éviter l'accumulation de déchets dans les lagunes. Le traitement préalable est identique voire moins contraignant que dans le cas des lagunes aérées du fait de l'absence de système d'aération.

## 8.3 Critères de conception

Le lagunage naturel est régulièrement utilisé dans deux cas de figure distincts :

- lagune de finition, à l'aval d'un système d'épuration secondaire intensif ;
- lagunes d'épuration secondaire, à l'aval d'un système de collecte unitaire.

Plusieurs méthodes empiriques faisant appel à des modèles plus ou moins complexes sont utilisés. Une des méthodes consiste à déterminer la superficie minimale requise en se basant sur le taux de charge organique appliqué par unité de surface. Ce taux est établi de façon empirique en fonction de la littérature et dépend des conditions climatiques de la région (température pour l'activité microbienne et algale, insolation pour l'activité algale, vent pour le transfert gazeux à la surface de l'eau, ...). Ce qui engendre des taux de charge très variables allant de 20 à 50kg DBO<sub>5</sub>/ha.j voire plus dans les régions méditerranéennes.

La hauteur d'eau doit être suffisante pour empêcher la prolifération des végétaux. Par contre, une hauteur d'eau trop grande entraînerait une zone anaérobie importante parce que l'oxygène est produit principalement par les algues et est limité par la profondeur de pénétration de la lumière. La hauteur d'eau recommandée pour les bassins facultatifs oscille entre 1,2 à 1,8 m.

## **8.4 Principes de dimensionnement des lagunes aérées**

### **d'épuration secondaire**

Dans la mesure où ce type d'installation est peu sensible aux variations de charge hydraulique et qu'il supporte mal des concentrations en DBO élevées, le dimensionnement peut se faire, même dans le cas d'un réseau de collecte unitaire (le mélange des eaux pluviales et domestiques est recommandé), sur base du nombre d'habitants desservis.

Une des méthodes consiste à prévoir 3 lagunes disposées en série, respectivement de 6 m<sup>2</sup>/EH, de deux fois 2,5 m<sup>2</sup>/EH.

Une autre méthode consiste à prévoir deux bassins anaérobies en parallèle (afin de pouvoir curer un bassin sans interrompre le processus épuratoire), suivi d'un bassin facultatif (ou deux bassins facultatifs en parallèle si la charge est importante) et d'éventuels bassins de stabilisation lorsqu'une décontamination biologique est souhaitée (figure 19).

Dans ce cas, les temps de séjour préconisés dépendront de la charge et de la température et sont de l'ordre de:

- bassins anaérobie : 5 à 10 jours
- bassin facultatif : 10 à 30 jours
- bassins de stabilisation : entre 10 et 30 jours en fonction des objectifs.

La forme des bassins peut varier d'un cas à l'autre en tenant compte de la configuration du site. Une préférence sera cependant accordée aux bassins rectangulaires dans la mesure où il est possible d'orienter la plus grande dimension perpendiculairement à la direction des vents dominants.

Dans le premier bassin d'un système de bassins en série ou dans chaque bassin recevant directement l'affluent, une fosse ou zone plus profonde peut être aménagée dans la partie amont afin de recueillir le sable et les solides facilement décantés.

Une alimentation à points multiples favorise une meilleure répartition de l'affluent qu'une conduite d'alimentation unique. Si les bassins sont munis de fosses pour recevoir les solides facilement décantés, l'affluent doit être dirigé vers ces fosses. La sortie doit être localisée le plus loin possible de l'entrée. Elle doit être placée à au moins 0,3 m au-dessus du fond. Un dispositif permettant l'ajustement du niveau d'eau sur toute la gamme de niveaux d'exploitation prévue est requis à la sortie de chaque bassin. Il doit permettre de limiter le débit lors de la vidange de façon à éviter l'entraînement des matières déposées au fond des bassins et à assurer l'intégrité physique des ouvrages.

La géométrie des lagunes 2 et 3 doit être rectangulaire avec  $L = 2 \text{ à } 3 l$  [11].

Certains préconisent une géométrie de la première lagune en forme de L [11] dont le plus grand parcours doit faire 3 fois la plus petite largeur de la lagune [11]. Cette configuration peut créer des zones mortes et de ce fait n'est pas systématiquement recommandée.

La surface totale occupée par le système avoisine 10 à 20 m<sup>2</sup>/EH [11]. La profondeur des bassins doit avoisiner 1 m.

Après mise en place, le fond des lagunes doit disposer d'une perméabilité  $< 10^{-8}$  m/s sur au moins 25 cm d'épaisseur [11].

Une cloison siphonide, à l'entrée du premier bassin est vivement conseillée (rétention des matières flottantes).

Les pentes des berges présentent un rapport H/L d'au moins 1/2,5 [11]. La pente typique des berges est de 3 H:1 V. La hauteur de revanche recommandée au-dessus du niveau d'eau maximal est d'au moins 0,6 m. La largeur des digues au sommet est d'au moins 2,4 m et de préférence de 3,0 m. Comme dans le cas des bassins aérés, les parois intérieures doivent être protégées contre l'érosion.

### ***8.5 Alimentation des bassins, collecte de l'effluent et transfert entre les bassins***

Ouvrages et équipements identiques à ceux du lagunage aéré. Du fait du faible brassage et de l'importance du temps de séjour, il est important d'assurer une bonne répartition de l'écoulement de l'eau dans les bassins. Des lames de répartition contribuent à cette bonne répartition des flux d'eau sur toute la surface du bassin.

### ***8.6 Contraintes à l'installation des lagunes naturelles***

Les contraintes sont identiques à celles de l'installation des lagunes aérée.

### ***8.7 Contrainte d'étanchéité***

Les contraintes sont identiques à celles de l'installation des lagunes aérées. Cependant, du fait de la surface encore plus importante à étanchéifier, ce critère aura encore plus d'importance que dans le cas du lagunage aéré.

### ***8.8 Accès au site***

Les contraintes sont identiques à celles de l'installation des lagunes aérée.

### ***8.9 Eloignement vis-à-vis de habitations***

Les contraintes sont identiques à celles de l'installation des lagunes aérée.

### ***8.10 Exploitation***

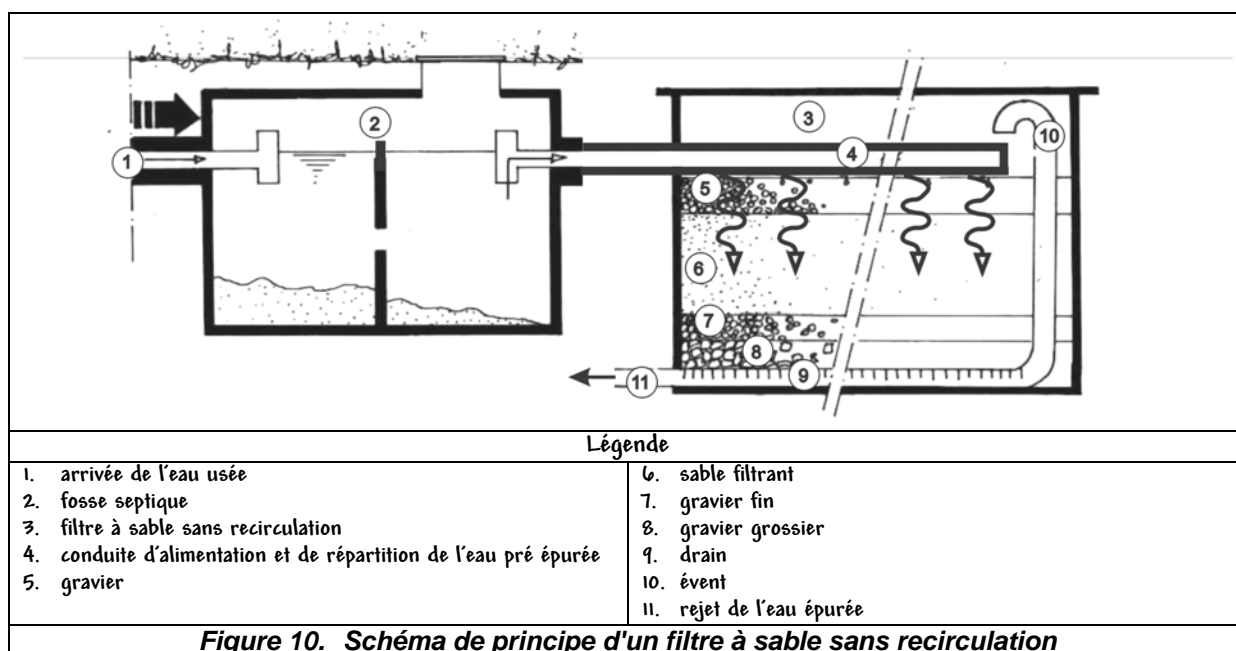
Le suivi de ce type d'installation est peu exigeant en main d'œuvre. Il s'agit principalement de nettoyer les abords et de veiller à la non prolifération de végétaux et d'animaux non désirables.

## 9 Filtres à sable non plantés

### 9.1 Présentation des filtres à sable non plantés

Les filtres à sable peuvent être à écoulement vertical intermittent, à écoulement vertical avec recirculation et à écoulement horizontal. Ces systèmes demandent un suivi régulier et offrent des performances très satisfaisantes avec de rejets régulièrement inférieurs à 30mg/l. En fonction de la technologie retenue, ces filtres peuvent être plus ou moins compacts. Ils sont tous précédés d'un traitement primaire (fosse septique ou décanteur-digesteur) afin d'éliminer une fraction importante des matières en suspension et des matières sédimentables.

### 9.2 Filtre à sable à écoulement vertical intermittent sans recirculation



Les filtres à sable à écoulement vertical intermittent sont présentés dans la partie infiltration car ils constituent une solution intéressante d'infiltration lorsque le milieu récepteur est sensible et lorsque le sol présente des vitesses d'infiltration élevées. Le fond de ces filtres peut être étanche et équipé d'un système de drainage comprenant des drains espacés tous les 3 à 4m et deux couches de gravier de granulométrie de 2-5 mm et 10-20 mm, de 20cm d'épaisseur chacune.

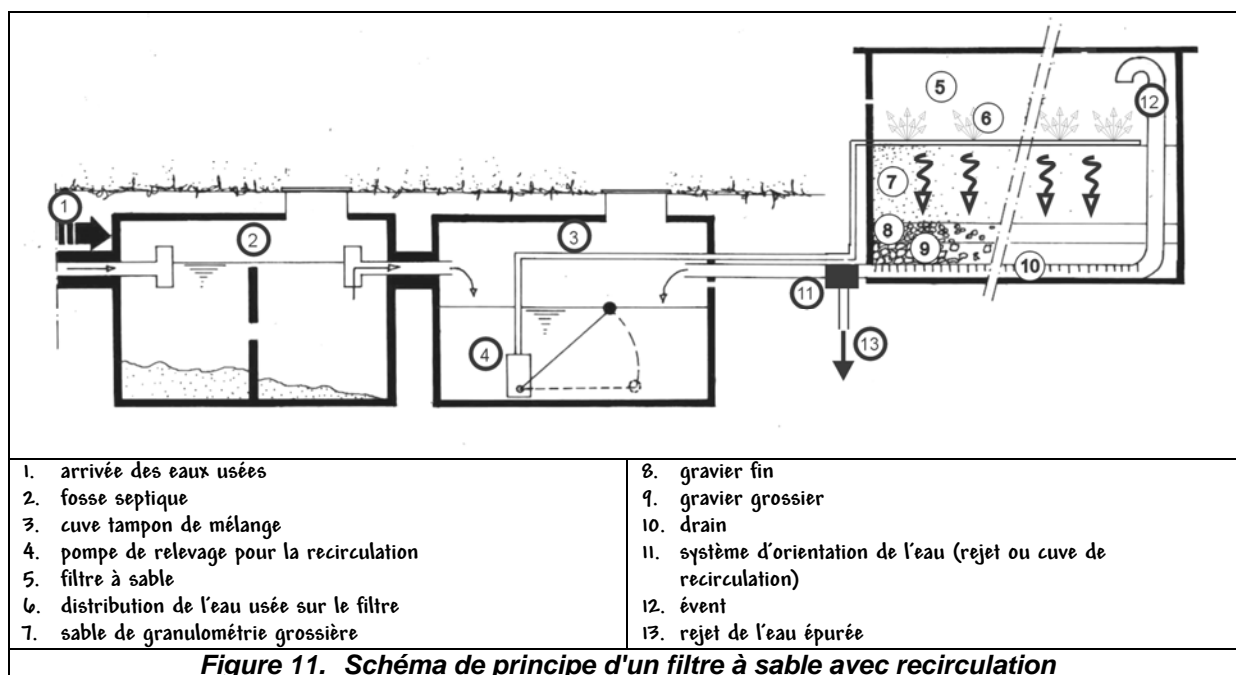
Le filtre à sable intermittent peut être

- enterré et recouvert de terre (dans ce cas l'alimentation intermittente est réalisée à l'aide d'un système d'alimentation et de répartition gravitaire avec une épaisseur de gravier (10-40mm) de 40cm d'épaisseur;
- ou à surface libre, dans ce cas la répartition est réalisée à l'aide d'une pompe et de buses d'arrosage.

Les charges organiques et hydrauliques ainsi que la description complète de ce type de filtre sont présentées dans la partie infiltration.

## 9.3 Filtres à sable à écoulement vertical avec recirculation

### 9.3.1 Présentation



**Figure 11. Schéma de principe d'un filtre à sable avec recirculation**

L'eau usée subit un premier prétraitement dans la fosse septique puis est recueillie dans la chambre tampon équipée d'une pompe qui assure une alimentation discontinue du filtre. Périodiquement, l'eau sortant du filtre est rejeté vers le milieu récepteur (1 cycle sur 5) plutôt que de revenir dans la cuve de mélange.

Le rendement de ces systèmes est très satisfaisant et permet des rejets dont la concentration en  $\text{DBO}_5$  est inférieure à 30 mg/l, sans difficulté majeure. Le rabattement en germes pathogènes (coliformes fécaux) est également significatif et constitue l'un des intérêts de la filière.

### 9.3.2 Dimensions

Ce système se rapproche du lit bactérien avec recirculation et se situe à la limite entre les systèmes intensifs et extensifs, alors que les systèmes sans recirculation sont typiquement de type extensif.

La fosse septique doit être conforme aux recommandations de la Région Wallonne et le bassin tampon doit disposer d'un volume utile correspondant à une à deux fois le débit journalier.

1. Les charges organiques sur le filtre peuvent atteindre 40g de  $\text{DBO}_5/\text{m}^2.\text{j}$  pour autant que le débit de recirculation de 5 fois le débit entrant soit respecté. La plage de fonctionnement habituelle se situe autour de 25 g de  $\text{DBO}_5/\text{m}^2.\text{j}$ , soit 4 à 5 fois plus que les filtres à sable intermittents sans recirculation. L'épaisseur de matériau filtrant est habituellement comprise entre 60 et 90 cm. Des épaisseurs plus importantes peuvent être nécessaires lorsqu'on vise à rabattre les concentrations en pathogènes (coliformes fécaux).

En considérant une charge de  $150 \text{ l} \cdot 250 \text{ mg}$  de  $\text{DBO}_5/\text{j} = 37,5 \text{ g de } \text{DBO}_5/\text{j}$ , une surface de filtre de  $2 \text{ m}^2/\text{EH}$  suffit, ce qui permet une installation relativement compacte.

Un dégraisseur reste indispensable dans le cas d'effluents provenant de restaurants ou d'industries agro-alimentaires.

Le filtre doit être aménagé en au moins deux section de manière à pouvoir intervenir sur le filtre sans interrompre complètement son fonctionnement.

L'alimentation intermittente doit assurer 24 à 48 aspersions par jour, à intervalles réguliers et d'une durée inférieure à 10 minutes. Une couche de gravier de 30cm d'épaisseur assure une bonne répartition de l'eau dans le massif filtrant. Le système de collecte de l'eau au pied du massif filtrant est semblable à celui utilisé dans les filtres à sable intermittents sans recirculation. La double couche de graviers de granulométrie différente reste conseillée.

Le fond et les parois contenant les filtres doivent être imperméables. Une géomembrane est couramment utilisée à cette fin mais d'autres matériaux peuvent également être utilisés (béton ou autre).

L'alimentation doit rester intermittente, le débit de recirculation représente en général 5 fois le débit d'entrée et le volume de la cuve tampon correspond au moins à deux fois le volume journalier entrant. Un taux d'application de 5 signifie qu'une partie d'effluent de la fosse septique est mélangée à quatre parties d'eau filtrée, de sorte que le volume appliqué sur le filtre est 5 fois plus grand que l'affluent.

La répartition entre eau de recirculation et eau évacuée peut être réalisée de diverses manières, par exemple une partie des drains est alimente le rejet et l'autre la recirculation, une électrovanne envoie l'eau épurée vers le rejet tous les 5 cycles, des systèmes hydrauliques du partage du débit peuvent également être utilisés.

Le bassin de mélange reçoit l'effluent de la fosse septique après avoir éventuellement transité par les pré filtres et une partie du filtrat, ce qui représente environ 80 % de l'eau recueillie sous le filtre. Pour assurer un mélange optimal, l'effluent de la fosse septique et le retour d'eau filtrée se font à une extrémité du bassin de mélange alors que l'eau dosée sur les filtres est prélevée à l'autre extrémité. Pour prévenir les odeurs causées par le dégazage, l'effluent de la fosse septique est déversé vers le bas du bassin de façon que l'extrémité du tuyau soit submergée. Le retour d'eau filtrée se fait plutôt en chute libre pour favoriser une oxygénation maximale. Il est cependant utile d'asservir ces systèmes de rejet au niveau de la cuve de mélange. En effet, sans régulation et sans alimentation durant une longue période, on pourrait vider la cuve de mélange et assécher le filtre, ce qui nuirait à son fonctionnement lors de la reprise des rejets d'eaux usées.

### 9.3.3 Matériau

Les matériaux utilisés sont identiques au filtre à sable intermittent sans recirculation, à l'exception du matériau filtrant proprement dit qui doit présenter une granulométrie plus grossière .

- $1 < D_{10} < 3,5 \text{ mm}$ , valeur conseillée de  $2,5 \text{ mm}$  : on se trouve donc à la limite entre le sable et le gravier très fin;
- $C_u < 2,5$  , idéalement  $C_u = 2$ .

### 9.3.4 Exploitation

L'exploitation d'un filtre à sable intermittent à recirculation est comparable à celle d'un filtre à sable intermittent, mais comporte en plus l'exploitation du système de recirculation.

On doit vérifier chaque année s'il y a des boues accumulées dans le bassin de mélange. Ces boues doivent être vidangées si leur épaisseur dépasse 25 cm. Eventuellement les boues peuvent être pompées vers la fosse septique ou le décanteur digesteur. On doit aussi vérifier le fonctionnement et les ajustements des équipements de pompage et de répartition de l'eau sur le filtre en fonction des débits réels, du temps de marche des pompes de dosage et des variations de niveau dans le bassin de mélange ainsi que le fonctionnement du dispositif de recirculation. Actuellement, des automate programmables permettent des ajustement aisé des cycles en fonction de la production de l'affluent. La mesure du niveau dans la cuve de mélange et des temps de fonctionnement de la pompe contribuent à une optimisation des cycles de fonctionnement et d'exploitation du tampon de la cuve de mélange.

Une inspection régulière des équipements hydrauliques et de la répartition de l'eau dans le massif filtrant reste indispensable au suivi du fonctionnement. Le suivi des concentrations en nitrates au niveau du rejet permet un suivi du bon fonctionnement du filtre à faible coût (mesure par bandelettes colorées).



## 10 Filtres à sable plantés (Marais artificiels)

### 10.1 Présentation des marais artificiels.

De nombreuses variantes existent et ne sont pas toutes exposées dans le cadre de ce manuel.

Les deux techniques principalement utilisées dans le cadre de l'épuration secondaire des eaux usées domestiques sont le marais artificiel à écoulement souterrain horizontal et le marais artificiel à écoulement souterrain vertical. Ces techniques s'apparentent fortement aux filtres à sable mais la présence des plantes assure une élimination de l'azote durant la période de végétation alors que les filtres à sable nitrifient l'azote avec un très faible rendement d'élimination. Pour des raisons de simplification du vocabulaire, on parlera de filtre planté à écoulement horizontal ou de filtre planté à écoulement vertical.

### 10.2 Caractéristiques

Le principe de fonctionnement des 2 grands types de marais artificiels utilisés dans le cadre de l'épuration secondaire des eaux usées domestiques est repris dans la figure ci-dessous.

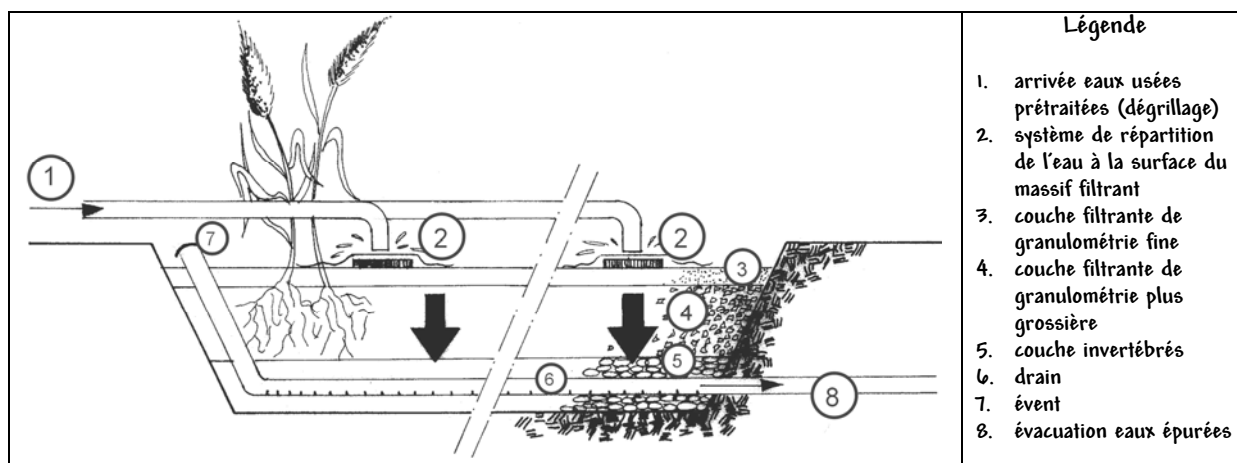


Figure 12. Illustration d'un filtre planté à écoulement vertical

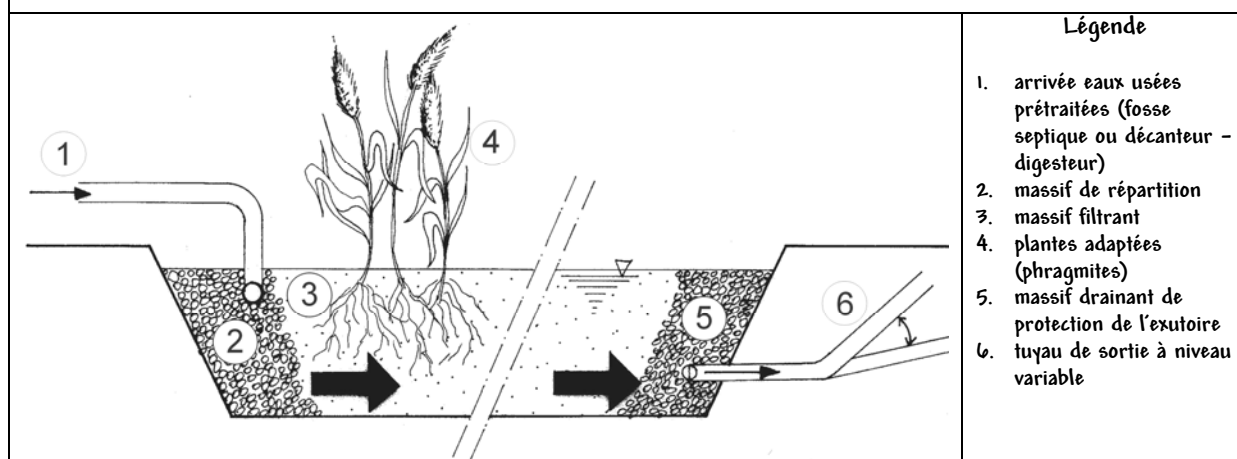


Figure 13. Illustration d'un filtre planté à écoulement horizontal



## 10.3 Les filtres plantés à écoulement vertical

### 10.3.1 Présentation

La filière se compose habituellement:

- d'un dégrillage,
- d'un premier étage de filtres verticaux,
- d'un second étage de filtres verticaux.

Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter.

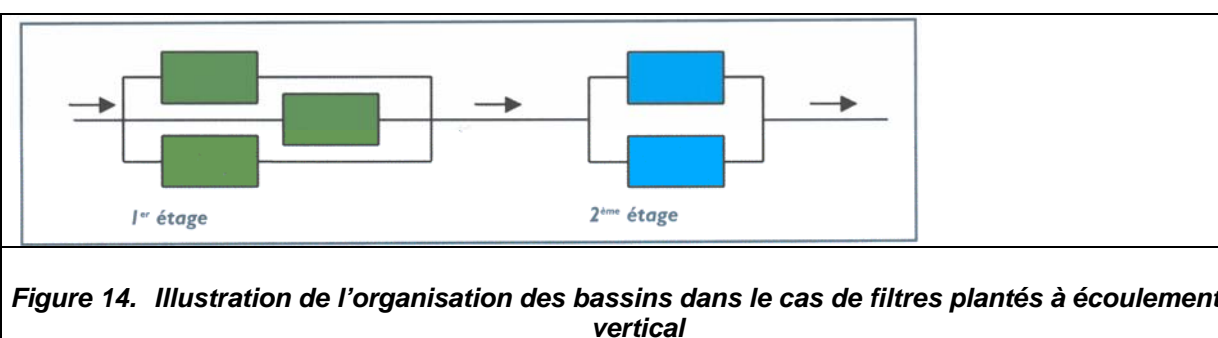
L'influent brut est réparti directement, sans décantation préalable (pas de fosse septique ou de décanteur/digesteur), à la surface du filtre. Il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexion ...) et biologique (biomasse fixée sur support fin). Les eaux épurées sont drainées. Les filtres sont alimentés en eaux usées brutes par bâchées avec ou sans alternance des surfaces utilisées mais de manière à alterner les phases de fonctionnement et les phases de repos.

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion et par le mouvement de l'eau dans le filtre.

### 10.3.2 Critères de conception

Cette technique s'inspire fortement des filtres à sable (à forte charge) avec en plus la plantation de phragmites. Le dimensionnement des filtres verticaux a été établi empiriquement en définissant les charges organiques surfaciques journalières limites acceptables ( $20 \text{ à } 25 \text{ g DBO}_5 \text{ m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ ) représentant ainsi 60 % de la surface totale, soit environ  $1,2 \text{ m}^2/\text{EH}$ . Quand le réseau est unitaire ou partiellement unitaire, le dimensionnement du premier étage est porté à  $1,5 \text{ m}^2/\text{EH}$  afin de limiter la charge à  $40 \text{ g de DBO}_5/\text{jour}$ . Cet étage est compartimenté en un nombre de filtres multiple de 3, ce qui permet d'obtenir des périodes de repos de  $2/3$  du temps (1 filtre sur 3 est utilisé).

Le second étage est dimensionné à  $0,8 \text{ m}^2/\text{EH}$  soit une surface total de  $2 \text{ à } 2,3 \text{ m}^2/\text{EH}$ .



#### 10.3.2.1 Alimentation

L'alimentation se fait par bâchée et doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Les dépôts qui s'accumulent à la surface contribuent à amoindrir la perméabilité intrinsèque du matériau et donc améliorent la répartition de l'effluent. Les végétaux limitent le colmatage de surface, les tiges perçant les dépôts accumulés. Les arrivées d'eau se font en plusieurs points.

L'alimentation est habituellement réalisée pendant 1 jour puis le bassin est au repos durant deux jours.

#### **10.3.2.2 Matériau**

Le matériau de garnissage du premier étage se compose de plusieurs couches de gravier. La couche active est du gravier présentant une granulométrie de 2 – 8 mm, pour une épaisseur de l'ordre de 40 cm. Les couches inférieures sont de granulométrie intermédiaire (10 – 20 mm) avant d'atteindre une couche de gravier grossiers (granulométrie 20 – 40 mm). Le deuxième étage affine le traitement. Les risques de colmatage sont moindres. Il est composé d'une couche de sable d'une hauteur d'au moins 30 cm du même type que celui utilisé dans les filières à sable non drainés.

#### **10.3.2.3 Evacuation**

La couche inférieure de gravier 20 – 40 mm assure le drainage de l'effluent. Les drains en tubes synthétiques, rigides et munis d'entailles larges, sont préférentiellement utilisés car ils sont peu sensibles au colmatage. Chaque drain est relié à une cheminée d'aération.

#### **10.3.2.4 Plantation**

Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées (*Scirpus* spp, *Typha* ...), mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées (longue période submergée du filtre, périodes sèches, fort taux de matières organiques), et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés. La densité de plantation est de 4 plants/m<sup>2</sup>.

#### **10.3.2.5 Relief**

Un dénivelé de l'ordre de 3 à 4 mètres entre les points amont et aval permet d'alimenter les filtres par gravité (siphons ne nécessitant aucun apport d'énergie). Il est cependant nécessaire de maintenir une alimentation par bâchées.

### **10.3.3 Exploitation**

La maintenance de ces systèmes ne nécessite pas de qualification particulière, elle contraint cependant l'exploitant à réaliser des passages fréquents et réguliers et à assurer une série d'opérations.

- Désherbage manuel des adventices (Kadlec et al-2000) [11]. Une fois la prédominance établie, cette opération n'est plus nécessaire.
- Faucardage et évacuation des roseaux. Les évacuer permet d'éviter leur accumulation à la surface des filtres. Dans le but de réduire ce temps d'entretien, les roseaux peuvent éventuellement être brûlés si l'étanchéité n'est pas réalisée par une géomembrane, et si les tuyaux d'alimentation sont en fonte (Liènard et al, 1994).
- Nettoyage du siphon d'alimentation du premier étage au jet d'eau sous pression.
- Des analyses régulières de nitrates dans l'effluent permettent de donner une indication sur la santé de la station.
- Nettoyage des bassins.
- Vérification régulièrement du bon fonctionnement des appareils électromécaniques et détecter les pannes le plus rapidement possible.
- Manœuvre des vannes.
- Tenue d'un cahier d'entretien notant toutes les tâches effectuées, les mesures de débit (canal débitmétrique, temps de fonctionnement des pompes), pour une bonne connaissance des flux. Cela permet en outre de produire des bilans de fonctionnement.

## **10.4 Filtre planté à écoulement horizontal**

### **10.4.1 Présentation**

Dans les filtres à écoulement horizontal, le massif filtrant est quasi-totalement saturé en eau. L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin. Il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers du substrat.

L'évacuation se fait par un drain placé à l'extrémité opposée du lit, au fond et enterré dans une tranchée de pierres invertébrés. Ce tuyau est relié à un siphon permettant de régler la hauteur de surverse, et donc celle de l'eau dans le lit, de façon à ce qu'il soit saturé pendant la période d'alimentation. Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau. En effet, l'eau ne doit pas circuler au-dessus de la surface pour ne pas court-circuiter la chaîne de traitement ; il n'y a donc pas d'eau libre et pas de risque de prolifération d'insectes.

L'interface entre les racines des plantes et l'eau à épurer présente des caractéristiques particulières avec un apport en oxygène par les racines alors que le reste du bassin se trouve sans oxygène. On se trouve donc dans un système de type "bassin facultatif" rencontré dans les techniques de lagunage naturel.

### **10.4.2 Critères de conception**

#### **10.4.2.1 Prétraitements**

Une aération des eaux avant leur entrée dans le filtre améliore le fonctionnement ; pour cela, une petite cascade ou une série de petites chutes peuvent s'avérer efficaces. Cela se fera là où les pentes le permettent (dénivelé de plusieurs dizaines de cm entre la sortie de la fosse et l'entrée du filtre).

Cette aération peut dégager des odeurs désagréables et il ne faut donc prévoir ce système qu'à plus de 50 mètres de toutes habitations.

#### **10.4.2.2 Charges des filtres**

Pour définir la surface nécessaire, les valeurs empiriques ci-après fournissent les résultats d'épuration attendus (Vymazal et al, 1998) [11].

- Pour des concentrations initiales de l'ordre de 150 à 300 mg/l de  $\text{DBO}_5$ , les surfaces plantées sont de l'ordre de  $5 \text{ m}^2/\text{EH}$  en traitement secondaire [11].
- Pour des concentrations plus élevées, il semble préférable d'opter pour la pratique danoise qui consiste à dimensionner le filtre à  $10 \text{ m}^2/\text{EH}$  [11].

Le support choisi doit disposer d'une perméabilité de  $1$  à  $3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (gravier lavés de 3 à 12 mm de  $\varnothing$ ). Certains préconisent l'utilisation de sable lavé avec une perméabilité de  $10^{-4} \text{ m/s}$  ( $d_{10} = 0,2 \text{ mm}$  et  $d_{60} = 0,6 \text{ mm}$ ).

La profondeur du filtre sera égale à la profondeur maximale de pénétration des racines. Cette profondeur est de 60 cm pour les phragmites.

L'usage pratique préconise, sous nos latitudes, de prévoir des surfaces de filtre de l'ordre de  $7 \text{ m}^2$  par EH avec une profondeur d'environ 0,7 m (réserve de 10cm). Aucune période de repos n'est prévue.

La charge maximale de ces filtres ne devrait pas dépasser 40 mm/jour et ce, afin d'obtenir des performances élevées. En moyenne, la charge est de 15 mm/jour. La charge maximale ne doit pas dépasser 16 g DCO/m<sup>2</sup>.j ou 8 g DBO<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>.j.

#### 10.4.2.3 Plantations

Les filtres horizontaux seront de préférence plantés de *Phragmites australis* ou *communis*.

#### 10.4.2.4 Conditions d'installation

Un dénivelé de 1 à 2 mètres entre le point d'alimentation de la future station et l'aval permet d'alimenter les filtres par gravité. Le dénivelé requis n'est pas très important en raison de l'écoulement horizontal.

Si le sol est argileux, l'étanchéité naturelle peut être atteinte par simple compactage (perméabilité requise 10<sup>-8</sup> m/s). Dans le cas contraire, la pose d'une géomembrane imperméable est nécessaire.

Eventuellement, une simple clôture sera prévue pour éviter le contact entre les eaux usées et les personnes et animaux. Un passage autour du filtre de 0,5 m de largeur est suffisant. Les eaux s'écoulant dans le massif filtrant ne sont pas en contact avec l'air ambiant et il n'y a donc très peu de risques d'odeurs.

#### 10.4.2.5 Alimentation

Le système est alimenté en continu et ne nécessite aucune régulation du fait du volume/tampon important.

### 10.4.3 Exploitation des filtres plantés à écoulement horizontal :

La maintenance de ces systèmes ne nécessite pas de qualification particulière mais contraint l'exploitant à des passages fréquents et réguliers. Dans la gamme de population qui nous intéresse, il faut néanmoins penser à l'entretien des ouvrages de décantation primaire (fosse septique ou décanteur/digesteur).

Ce suivi d'exploitation se limite à :

- Ajuster régulier du niveau d'eau de sortie afin d'éviter les écoulements de surface. Pour des stations importantes (> 500 m<sup>3</sup>/j), la vérification du niveau de sortie pourrait demander un passage quotidien.
- Vérifier la bonne distribution de l'effluent dans le filtre. Le curage du dispositif d'alimentation doit être prévu lors de la conception.
- Désherber manuellement des adventices qui pourraient gêner le développement des roseaux. Tant que la prédominance n'est pas établie.
- Faucarder n'est pas indispensable car les végétaux morts ne gênent en rien l'hydraulique des filtres et de plus permettent d'isoler thermiquement le filtre.
- Tenir un cahier d'entretien en y notant toutes les tâches effectuées et les mesures de débit (canal débitmétrique, temps de fonctionnement des pompes), pour une bonne connaissance des flux.