

Les journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

Une solution pour de petites
unités d'assainissement

Mardi 24 avril 2007 – SavoieExpo, Chambéry (73)

Mercredi 25 avril 2007 – Lycée de l'Albanais, Rumilly (74)

Organismes partenaires :

Chambéry Métropole

Polytech'Savoie

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse



Sommaire

Avant-propos

Programme de la conférence

Textes des interventions

Etat des connaissances

Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux usées domestiques

Conception et performances

Pascal MOLLE, *Cemagref*----- 9

Traitement d'effluents spécifiques : le cas des effluents d'origine agricole

Gérard MERLIN, *Polytech'Savoie*-----41

Efficacité des filtres plantés de roseaux pour le traitement des métaux et hydrocarbures :

Cas des eaux pluviales

Gérard BLAKE, *Polytech'Savoie*-----55

Retour d'expériences

Les filières d'assainissement pour les petites unités : état des lieux en Rhône-Alpes et perspectives

Arthur IWEMA, *Agence de l'Eau RM&C*-----73

Expériences en pays de Savoie : état des lieux, recommandations et coûts

Pierre FRASSON, *Satese de la Savoie*

Pascal VIGNAND, *Satese de la Haute-Savoie*-----91

Annexes

Présentation des stations visitées -----123

La station de Curienne

La station de Cruet

La station de Cusy

La station d'Allèves

Fiche synthétique de présentation des filtres plantés de macrophytes-----147

Références -----155

Avant Propos

Les filtres plantés de roseaux :

Les filtres plantés de roseaux sont une filière d'assainissement de plus en plus usitée, particulièrement en Savoie et Haute-Savoie. De nombreuses réalisations sont en projet et l'on dispose aujourd'hui d'un certain recul sur des installations ayant quelques années de fonctionnement.

Par ailleurs, Polytech'Savoie et le Cemagref de Lyon rassemblent en Rhône-Alpes les meilleurs experts français sur cette filière. Très naturellement, l'Assemblée des Pays de Savoie a souhaité que soient présentés l'état des connaissances sur ces filières et les retours sur les expériences menées dans les pays de Savoie. L'objectif est de répondre aux interrogations des décideurs locaux :

- Quelles sont les filières d'assainissement adaptées au contexte de ma commune et ou de hameaux isolés ?
- Les filtres plantés de roseaux répondent-ils à mes besoins et contraintes
- Que dois-je savoir avant de lancer un projet d'assainissement par filtres plantés de roseaux ?

Programme

Mardi 24 avril 2007

ETAT DES CONNAISSANCES

08h30 Accueil

09h00 Ouverture

Jean-Pierre BURDIN, *conseiller général de Savoie, délégué à l'Assemblée des Pays de Savoie et vice-président de Chambéry Métropole*

09h15 Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux usées domestiques

Conception et performances
Pascal MOLLE, *Cemagref*

10h15 Traitement d'effluents spécifiques : le cas des effluents d'origine agricole

Gérard MERLIN, *Polytech'Savoie*

10h50 Pause

11h10 Efficacité des filtres plantés de roseaux pour le traitement des métaux et des hydrocarbures : cas des eaux pluviales

Gérard BLAKE, *Polytech'Savoie*

11h30 TABLE RONDE ET DISCUSSION

- Gérard BLAKE, *Polytech'Savoie*
- Arthur IWEMA, *Agence de l'eau RM&C*
- Gérard MERLIN, *Polytech'Savoie*
- Pascal MOLLE, *Cemagref*
- Jean-Luc PAJEAN, *DEFIE*
- François VIRLOGET, *Section régionale de l'ASTEE*

13h00 Déjeuner

14h30 Visites de deux stations savoyardes

Station de Curienne :
Visite organisée par Jean-Luc PAJEAN, *DEFIE*

Station de Cruet :
Visite organisée par Pierre FRASSON, *Satese de la Savoie*

Mercredi 25 avril 2007

RETOURS D'EXPERIENCES

08h30 Accueil

09h00 Ouverture

Camille BEAUQUIER, *conseiller général de la Haute-Savoie et responsable du groupe-projet environnement-agriculture à l'Assemblée des Pays de Savoie*

09h15 Les filières d'assainissement pour les petites unités : état des lieux en Rhône-Alpes et perspectives

Arthur IWEMA, *Agence de l'eau RM&C*

10h15 Les filtres plantés de roseaux Etat des connaissances

Synthèse de la journée du 24 avril
Gérard BLAKE, *Polytech'Savoie*

10h40 Pause

11h00 Expériences en pays de Savoie Etat des lieux, recommandations et coûts

Pierre FRASSON, *Satese de la Savoie*
Pascal VIGNAND, *Satese de la Haute-Savoie*

12h00 QUESTIONS ET DISCUSSION

- Gérard BLAKE, *Polytech'Savoie*
- Pierre FRASSON, *Satese de la Savoie*
- Arthur IWEMA, *Agence de l'eau RM&C*
- Jean-Luc PAJEAN, *DEFIE*
- Robert MERCIER, *C.C. du pays d'Alby*
- Pascal VIGNAND, *Satese de la Haute-Savoie*

12h50 Clôture des journées

Fernand PEILLOUD, *conseiller général du canton d'Alby et vice-président chargé de l'économie, de la recherche et de l'université*

13h00 Déjeuner

14h30 Visites des stations de Cusy et Allèves,
organisées par Robert MERCIER et Pascal VIGNAND

Textes des interventions

**Les filtres plantés de roseaux
pour le traitement des eaux usées
domestiques**
Conception et performances

Pascal MOLLE,
Cemagref



LES FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux usées domestiques Conception et performances



Pascal Molle



MARDI 24 ET MERCREDI 25 AVRIL 2007

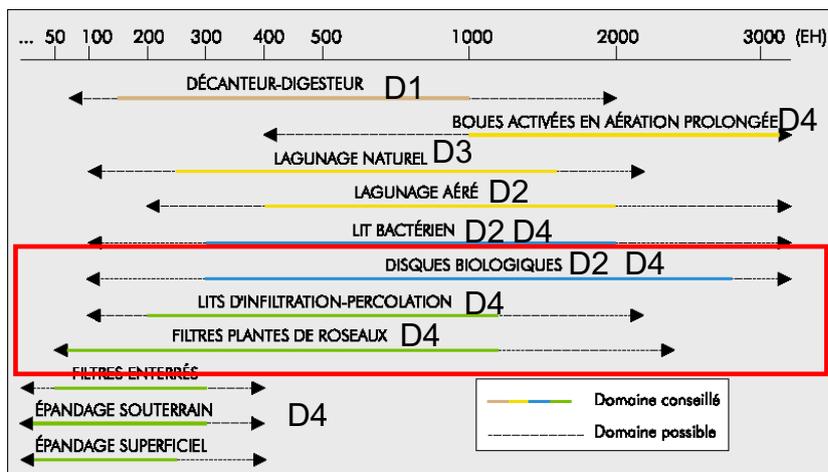
Problématique

- Zone de montagne
 - Températures hivernales défavorables
 - Dénivelée importante
 - Positif pour alimentation gravitaire
 - Terrassement important pour de grandes unités
 - Activités agricoles (fromagerie par ex.)
 - Surcharge organique
 - Surcharge hydraulique possible
 - Pluies
 - Fontes des neiges

Plan

- Les différents systèmes de traitement adaptés aux petites collectivités
- Les filtres plantés de roseaux
 - Le rôle des roseaux
 - La filière classique française
 - Dimensionnement
 - Performances
 - Gestion
- Les variantes actuelles et association de procédés
- Problématique nutriment
 - Azote
 - Phosphore
- Nouvelles perspectives d'utilisation

Les différents systèmes

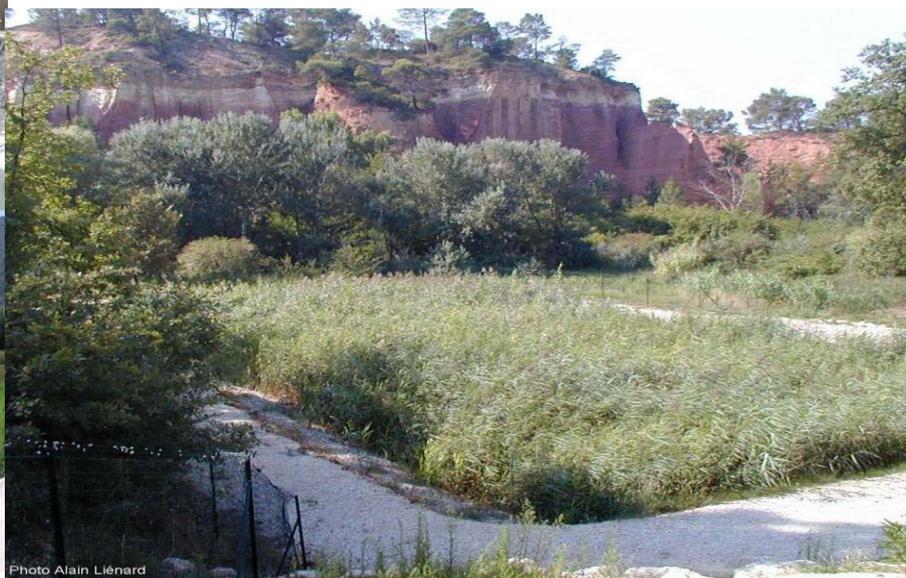


Les différents systèmes

- Les disques biologiques
 - Résistant au froid
 - Procédé compact
 - Peu concurrentiel pour le D4
 - Gestion des boues
- Les filtres à sable
 - Très sensible au colmatage
 - Beaucoup de cas de colmatage
 - Gestion des boues



Les filtres plantés de roseaux



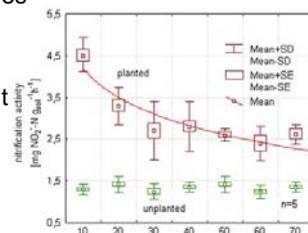
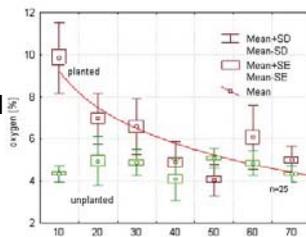
Le rôle des roseaux



L'oscillation des roseaux avec le vent permet de créer des espaces tubulaires libres autour des tiges permettant une infiltration correcte

Le rôle des roseaux

- Effet biologique (métabolisme)
 - Évapotranspiration : séchage des filtres à écoulement vertical (régulation de la biomasse)
 - Oxygénation du massif
 - Influence jusqu'à 3 cm des rhizomes
 - Importance relative vis à vis des charges appliquées
 - Diversité biologique
 - Meilleure activité de nitrif/denit
 - Taux de bactéries accrues



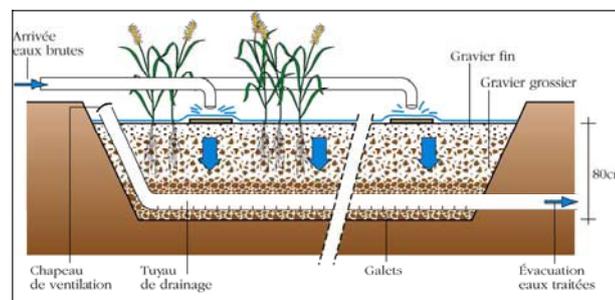
Le rôle des roseaux

- Exportation de nutriments :
 - 20 à 200 g N m⁻².a⁻¹
 - 3 à 15 gP.m⁻².a⁻¹
 - < 0,3 % de la charge appliquée
- Pratiquer 2 faucardages par an ne permet pas d'augmenter la part de P prise par les végétaux

Rôle négligeable pour les surfaces utilisées en STEP

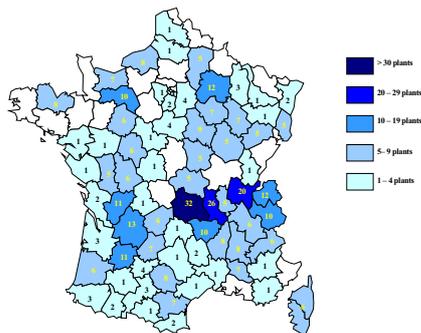
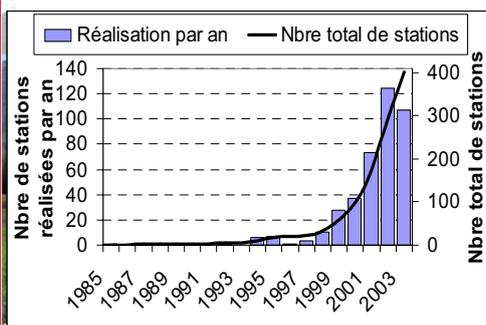
La filière classique française

- Milieu non saturé en eau : activité biologique aérobie
- Alimentation en eaux usées brutes possible

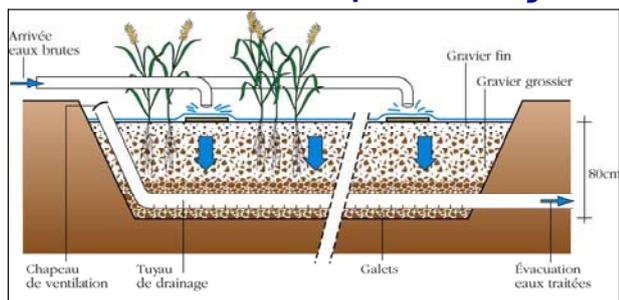


FPR Vertical : filière en essor

- 2003 : traitement des eaux usées domestiques : > 400 stations, 75 % sans traitement primaire



La filière classique française

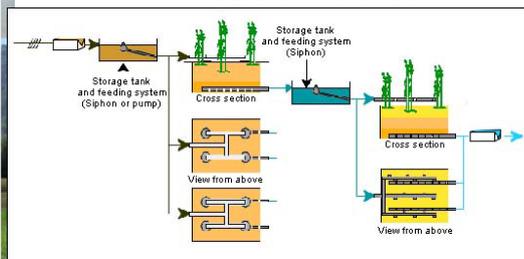


- Dimensionnement basé sur une charge organique acceptable

| 1 ^{er} étage de traitement | Charge hydraulique (m.j ⁻¹) | | Charge DCO (g.m ⁻² .j ⁻¹) | | Charge MeS (g.m ⁻² .j ⁻¹) | | Charge NK (g.m ⁻² .j ⁻¹) | |
|-------------------------------------|---|------|--|------|--|------|---|-------|
| | tous | oper | tous | oper | tous | oper | tous | oper |
| | 0,12 | 0,37 | 100 | 300 | 50 | 150 | 8-10 | 25-30 |

La filière classique française

- Pas de prétraitement : alimentation directe sur les filtres du premier étage
- Pour éviter le colmatage : contrôle de la biomasse, de la minéralisation des dépôts → maintien des conditions aérobie



étage 1

> 30 cm gravier (2-8 mm)

Couche de transition: 10 à 20 cm de gravier (5-20 mm)

Couche de drainage: 10 to 20 cm de 20-40 mm

étage 2

> 30 cm sable (0.25 mm d_{10} <math>< 0.40\text{ mm}</math>)

Couche de transition: 10 à 20 cm de gravier (3-10 mm)

Couche de drainage: 10 to 20 cm de 20-40 mm

1,2 m²/EqH au premier étage et 0,8 m²/EqH au 2^{ème} étage
Périodes d'alim/repos de 3,5/7 jours au 1^{er} étage et 3,5/3,5 au 2^{ème} étage

La filière classique française

- **Recommandations**
 - dispositif de distribution, débit d'alimentation, étanchéité ...
 - Documents de synthèse
 - Guide de prescriptions et de recommandations pour la conception et la réalisation des filtres plantés de roseaux
<http://www.lyon.cemagref.fr/ge/epuration/Guide-Macrophytes.pdf>
 - Ingénieries n° spécial 2004 Assainissement, marais artificiels et lagunage : retours d'expérience en Europe
<http://www.cemagref.fr/Informations/Produits/Editions/>

ÉPURATION des EAUX USÉES DOMESTIQUES par FILTRATION sur LITS PLANTES DE MACROPHYTES
 Prescriptions & Recommandations pour la CONCEPTION et la REALISATION



Systèmes d'alimentation

- Systèmes d'alimentation gravitaire
 - Problème de colmatage : bâchées en eaux usées
 - Débit fort et régulier
 - Vidange complète du poste de stockage



Systèmes d'alimentation

- Débits des systèmes d'alimentation :
 - Assurer une distribution homogène à la surface des filtres
 - Permettre un noyage temporaire de la surface d'infiltration
 - Assurer un auto-curage des canalisations

Débit d'alimentation > vitesse d'infiltration

$Q_{\text{alim}} > 0,5 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}^2$ de surface alimentée
valeur à **0,6 $\text{m}^3/\text{h} / \text{m}^2$** plus adaptée

Dispositifs de distribution

- Canalisation de distribution : étage 1
 - éviter le colmatage des canalisations
 - Pas d'eau stagnante dans les canalisations entre les bâchées (gel, dépôts ...)



- Un point d'alimentation pour environ 50 m² de surface

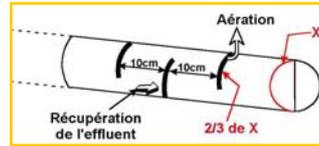
Dispositifs de distribution

- Canalisation de distribution : étage 2
 - Moins de risque de colmatage : distribution plus fine
 - Pas d'eau stagnante dans les canalisations entre les bâchées (gel, dépôts ...)
 - Réseau fonctionnant en charge (calcul des pertes de charges)



Drainage

- Drains $\varnothing > 100$ mm en tubes synthétiques entaillés de fentes. Pas de coude à angle droit



- Drains connectés à l'atmosphère



Séparations

- S'assurer d'une bonne séparation entre les lits



STEP (69) SCIRPE



STEP d'Avressieux (01) ERE

- Rôle :
 - Assurer de vraies périodes de repos
 - Stocker les boues et les eaux des bâchées (hauteur de revanche entre 30 cm et 50 cm suivant hydraulique)

Performances

■ Performances

| moy DCO = 840 mg.l ⁻¹ (520- 1400) CH < 0.75 m.j ⁻¹ | DCO | | MeS | | NK | |
|--|-----------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| | R % | Conc sortie (mg.l ⁻¹) | R % | Conc sortie (mg.l ⁻¹) | R % | Conc sortie (mg.l ⁻¹) |
| étage 1 | 82 | 145 | 86 | 33 | 60 | 35 |
| étage 2 | 60 | 55 | 72 | 11 | 78 | 6 |
| Total | 92 | 60 | 96 | 15 | 90 | 8 |

- 2 à 2,5 m²/EqH pour une bonne nitrification

Les boues

- Gestion des boues
 - Accumulation de dépôt organique en surface des filtres du 1er étage : couche biologiquement très active
 - croissance de 1,5 cm/an (60 % de minéralisation)



Les boues

▪ Gestion des boues

- Importance de vidanger les boues quand elles posent un problème d'infiltration (temps de renouvellement en O₂)
- Réseau séparatif : 20 cm de boues max (10 – 15 ans).
- Vidange par tracto-pelle par l'extérieur des lits



Les boues

▪ Gestion des boues

- Pas de problèmes sur la repousse des roseaux



- Boues bien minéralisées et non fermentescibles (20 – 30 % de MS et 40 % de MO)
- Boues valorisables en agriculture si pas d'industrie connectée au réseau

Limites hydrauliques

- Limites hydrauliques
 - 30 % des step en réseaux unitaires ou assimilés
- Surcharges hydrauliques :
 - Submersion prolongée de la surface des lits
 - Problème d'oxygénation (rendements) et accélération du colmatage
 - Accroissement de la hauteur de dépôt plus rapide
- On savait qu'on pouvait en accepter une partie mais quelle limite ?



Limites hydrauliques

- Limites hydrauliques
 - Robuste aux surcharges hydrauliques.
 - Jusqu'à 11 fois le débit de temps sec mesuré
 - Adaptés au réseaux unitaires (3 ans d'études)
 - 1,8 m/j en continu pendant 6 mois
 - Jusqu'à 2,5 m/j en ponctuel

| | DCO (min-max) mg/l | MeS (min-max) mg/l | NK (min-max) mg/l |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Conc entrée | 250 (130-540) | 133 (57-348) | 22 (13-34) |
| Conc sortie | 40 (<30-69) | 6 (<2-16) | 3.3 (1- 8.5) |

Limites hydrauliques

- Limites hydrauliques
 - Connaissance du comportement hydraulique des filtres
 - Du rôle des roseaux et de la gestion des bâchées sur l'hydrodynamique

| Hauteur de dépôt | 0-10 cm | | 10-20 cm | |
|-------------------|-----------|--------|-----------|--------|
| | 1/semaine | 1/mois | 1/semaine | 1/mois |
| m.j ⁻¹ | 1,8 | 3,5 | 0,9 | 1,8 |

- Nombre de « dysfonctionnement » limité dans le contexte français
- Problème lorsque surcharge permanente : ECP, Fonte des neiges

Gestion

| Tâches | 400 EqH | | | 1000 EqH | | |
|--|-----------|--------|-------------------|-----------|--------|-------------------|
| | Fréquence | Durée | Total annuel | Fréquence | Durée | Total annuel |
| Inspection dégrillage | 1/sem | 10 min | 9 h | 1/sem | 10 min | 9 h |
| Rotation des filtres, contrôle des siphons | 2/sem | 5 min | 9 h | 2/sem | 5 min | 9 h |
| Contrôle et nettoyage des systèmes de distribution | 2/an | 2 h | 4 h | 2/an | 3 h | 6 h |
| Nettoyage des regards | 2/an | 1 h | 2 h | 2/an | 1,5 h | 3 h |
| Faucardage des roseaux | 1/an | 30 h | 30 h | 1/an | 80 h | 80 h |
| Evacuation des boues | 1/10 ans | 30 h | 3 h | 1/10 ans | 60 h | 6 h |
| Nettoyage des abords | 6/an | 4 h | 24 h | 6/an | 8 h | 48 h |
| Inspection générale | 1/sem | 10 min | 9 h | 1/sem | 15 min | 13 h |
| Enregistrement des tâches et mesures | 1/sem | 15 min | 13 h | 1/sem | 20 min | 18 h |
| Total annuel | | | 103 heures | | | 192 heures |

La filière classique française

- Limites du procédé
 - Problème d'eutrophisation
 - Pas de dénitrification
 - Seulement 20 % d'élimination du Phosphore
 - Problème microbiologique
 - Seulement 2 à 3 Ulog d'abattement des germes pathogènes
- Avantages
 - Bonnes performances épuratoires aérobie
 - Procédé robuste
 - Fonctionne sans énergie
 - Gestion facilitée des boues
 - Maintenance de faible technicité
 - Variation de charge estivale possible

Nouvelles configurations

- SAUR
 - Plancher aérant
 - Justification du constructeur
 - Amélioration de l'aération
 - Meilleures performances
 - Réduction de la surface
 - Dimensionnement
 - Étage 1 : 2 fois 0,3 m²/EqH
 - Étage 2 : 2 fois 0,2 m²/EqH
 - Période d'alim/repos identiques
 - Planché aéré Bioblock 1500 orifices de 5 mm/m²



Nouvelles configurations

- SAUR
 - Craintes
 - Aération non limitante en filière classique
 - Différence de cinétique pas évidente entre 6 et 21 % d'O₂ en phase gazeuse
 - Si cinétiques plus rapide :
 - Croissance de biomasse plus rapide
 - Période de repos plus courte : colmatage ??
 - Plus proche des limites hydraulique et organique du système donc :
 - Variations de charges contraignantes
 - Croissance de dépôt plus rapide (fréquence des curages)

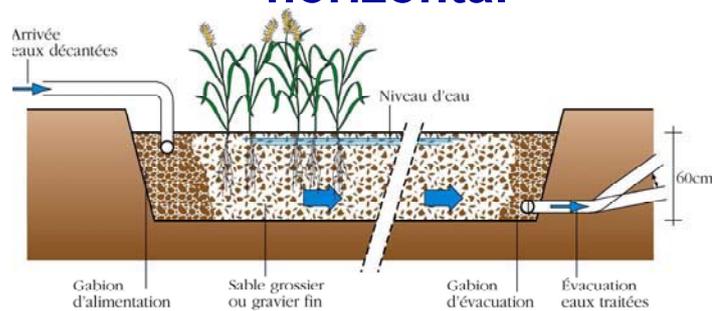
Nouvelles configurations

- Bi filtre (SINT – Epur Nature) (24 Installations)
 - Superposer les 2 étages l'un sur l'autre.
 - Aération intermédiaire entre les deux étages
 - Dimensionnement surfacique classique respecté, voir augmenté.
 - Risque : oxygénation suffisante ? Donc colmatage du deuxième étage ?
 - Pour l'instant pas de contre performances mais quid du long terme ?

Variantes et associations de procédés

- Associations de procédés
 - Lit bactérien + Filtres plantés V : Rhizopur® (Suez)
 - Traitement de finition
 - Filtration et séchage des boues
 - Lagunage naturel + filtres plantés V
 - Programme Life Lilipub (Aurignac – 31)
 - Lits à écoulement vertical et horizontal
 - Intérêt fort pour le traitement de l'azote

Filtres plantés à écoulement horizontal

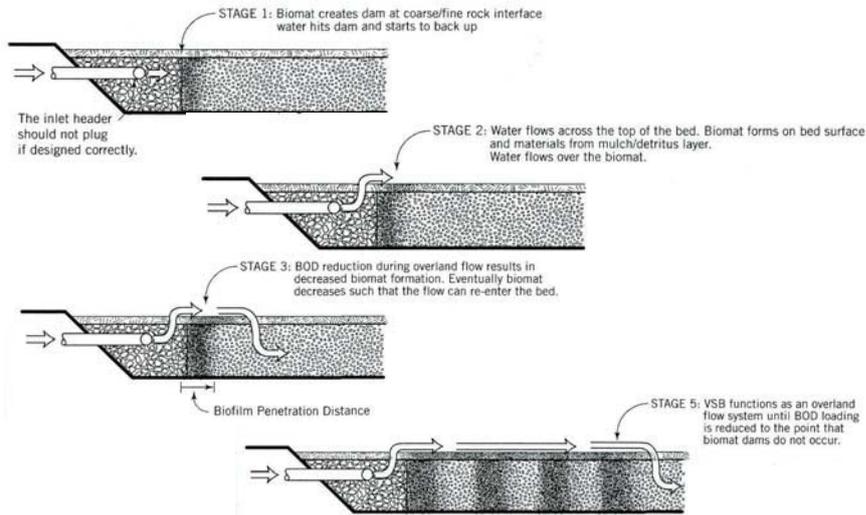


- Milieu poreux saturé en eau
 - Pas d'aération du milieu (ou très faible par les roseaux)
 - Milieu anaérobie \Rightarrow cinétiques de dégradation faible
 - Temps de séjour plus longs

FH : section

$$\frac{Q}{As} = -K_s \frac{\partial H}{\partial z}$$

Quel débit de référence choisir ?



FH : section

■ Quel débit de référence choisir ?

- Pour éviter ça :



- Après FTE ou Dec. Dig. : débit de pointe
- Après Filtre à écoulement vertical : basé sur $V_i/2$ soit $\approx 0,4 \cdot 10^{-4} \text{m/s}$
- Si alimenté par pompes : débit des pompes.

FH : surface

- De plus l'écoulement piston n'est pas la réalité
 - Temps de transit les plus rapides : de 10 à 50 % du temps de séjour théorique.
 - Temps de transit les plus lents : de 3 à 4 fois le temps de séjour théorique
- Configurations classiques : surface unitaire définie avec sécurité

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Traitement primaire | Superficie du filtre |
| FV | 2-3 m ² /EqH |
| décantation | 5 m ² / EqH |
| Traitement tertiaire | 1 m ² / EqH |

FH : étanchéité

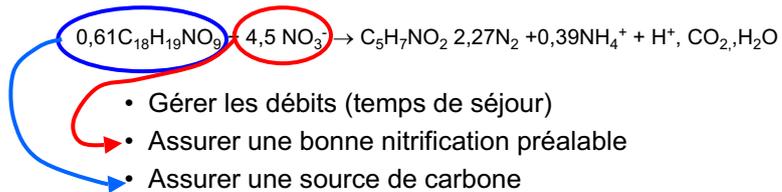
- geomembrane



- Mettre un anti-racinaire sur les parties verticales

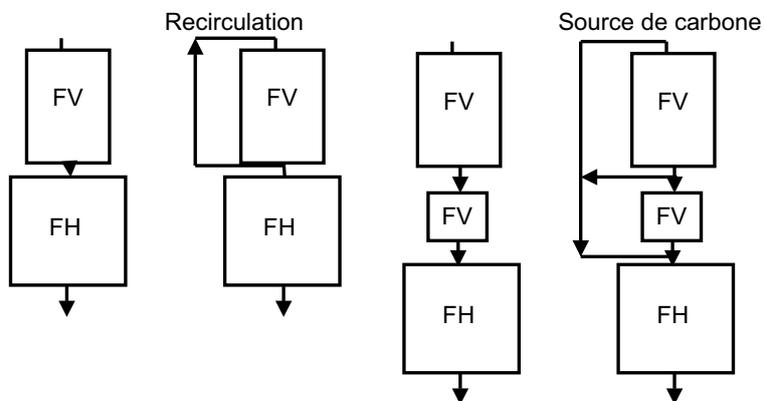
Problématique azote

- comment dénitrifier
 - Utiliser un filtre à écoulement horizontal (conditions anaérobies)



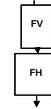
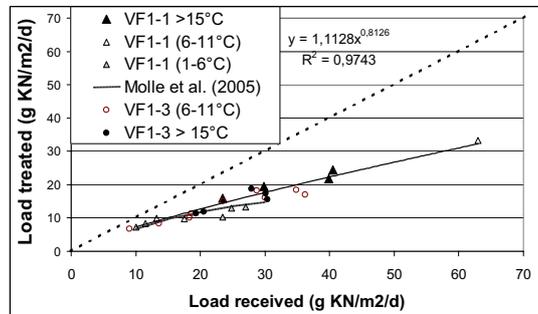
Problématique azote

- Solution : juxtaposition de filtres à écoulement vertical et horizontal



Station d'Evieu

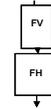
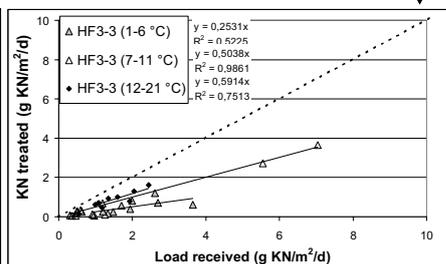
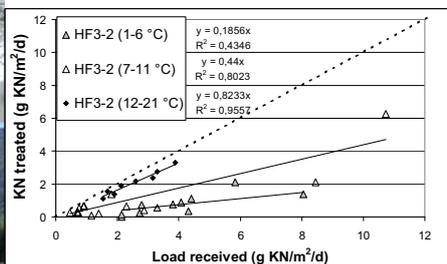
■ Nitrification



- Pas d'impact de la température
- Pas d'impact des drains d'aération intermédiaire
- Les cinétiques de nitrification semblent limitées par le temps de rétention du NH_4

Résultats : filtres horizontaux

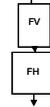
■ Nitrification



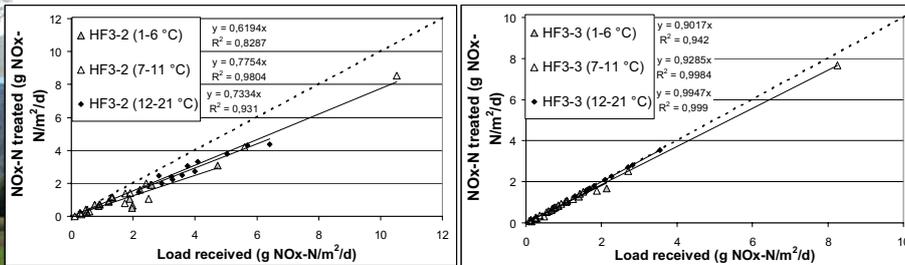
- Amélioration de la nitrification
 - Effet de la température et des roseaux
- Intérêt d'utiliser un premier étage V pour la nitrifi en HF
 - Faible teneur en DCO (O2 compétition)
 - Inoculation du filtre en bactérie nitrifiante

Résultats : filtres horizontaux

$$\text{NOx load} = \text{NOx (inlet)} + \text{NOx (produced)}$$

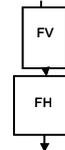
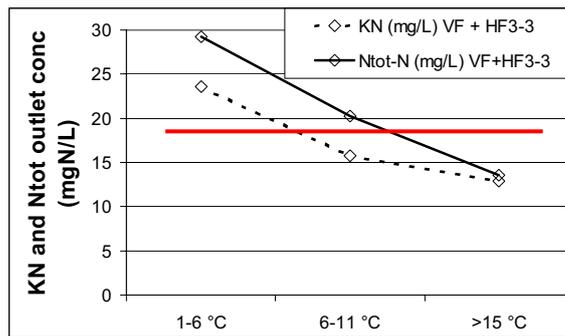


■ Denitrification



- Denitrification quasi complète
- Effet légèrement positif de la température
- N₂O : < 0.5 % de l'azote dénitrifié

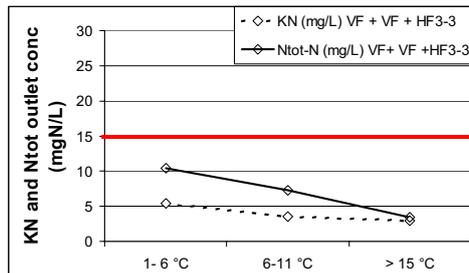
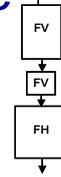
Conclusion traitement azote



- Performances limitées pour garantir un traitement complet en toute saison (seul en été les résultats sont bons)
 - La nitrification est l'étape limitante

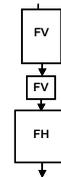
Conclusion traitement azote

- Améliorer la nitrification par un deuxième étage vertical (0,2 m²/EqH) devrait permettre de répondre à l'objectif azote
 - Ratio C/N suffisant ??



Cas de la station d'Oumey

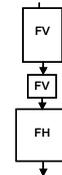
- 180 EqH
 - Étage 1 V. : 1,2 m²/EqH en trois filtres
 - Etage 2, V : 0,8 m²/EqH en deux filtres
 - Etage 3, H : 1 m²/EqH en un filtre
- Rendements après 5 mois de fonctionnement
 - Charge hydraulique 40-50 % du nominal
 - Charge organique variation entre 40 et 75 % du nominal



Cas de la station d'Oumey 180 EqH

▪ Rendements (43)

- Mauvais sur azote
 - Concentrations importante en $\text{NH}_4 > 100 \text{ mg/l}$ (discothèque)
 - Nitrif et denit inefficace sur filtre horizontal
 - Ratio C/N ≈ 12 : semble Ok
 - tps de séjour ≈ 3 jours ! Ok
 - Jeunesse de l'installation



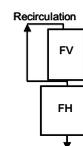
| moy DCO = 967 mg.l^{-1} (724- 1210) | DCO | | MeS | | NK | | N total | |
|--|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| | R % | Conc sortie (mg.l^{-1}) |
| étage 1 +2 | 85 | 140 | 91 | 30 | 85 | 40 | 40 | 55 |
| étage 3 | 60 | | 65 | | 60 | | 36* | |
| Total | 94 | 65 | 97 | 12 | 85 | 21 | 70 | 40 |

* variations importantes

Cas de la station d'Ennordres

▪ 200 EqH

- Un étage à écoulement V avec recirculation
 - Charge hydraulique 75 %
 - Charge organique 117 %
 - Recirculation 128 %
- Qualité des eaux de sortie



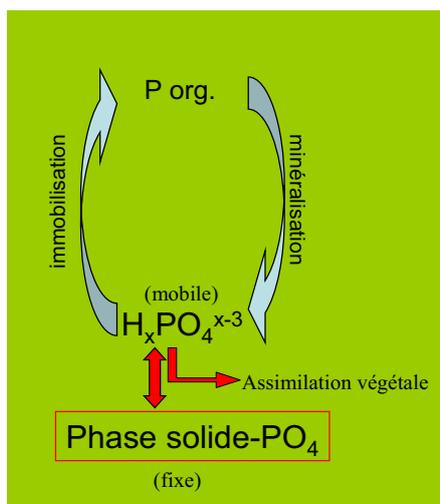
| | DCO Conc sortie (mg.l^{-1}) | MeS Conc sortie (mg.l^{-1}) | NK Conc sortie (mg.l^{-1}) | NO_x Conc sortie (mg.l^{-1}) |
|---------|--|--|---|--|
| étage 1 | 42 | 5,6 | 4,3 | 53,6 |

- Possibilité d'atteindre une bonne nitrification avec la recirculation sur un étage
- Ration C/N : 0,8 !!!!! Quid d'une dénitrification par la suite ??

Problématiques azote

- En test actuellement
- Faisabilité réaliste
 - Problème de réglage des temps de séjour
 - Configurations optimum

Problématique Phosphore



- P org. : impossibilité d'extraire les boues et remise en solution par minéralisation
- Assimilation végétale : négligeable
- Ajout réactif pour précipitation : augmentation du volume de sédiment (colmatage)
- Rétention sur phase solide : mécanismes d'adsorption et de précipitation. Voie intéressante

Problématique Phosphore

- Différents matériaux
 - Matériaux à base d'hydroxyde de fer, d'aluminium ou à base de calcium

| L'ensemble des constituants | fer | Aluminium | Calcium |
|--|------------|-----------|---------------------------------------|
| Zéolite Argile expansée Cendre de haut fourneaux Pouzzolane | Ferrosorp® | Bauxite | Calcite Béton concassé Apatites |

Les Apatites testées

- Possibilité d'atteindre des concentrations de sortie inférieures à 0,1 mgP/l
- Biomasse : des concentrations en DCO > 150 mg/l provoquent une baisse de l'ordre de 15 % sur les cinétiques de rétention.
 - En fin de traitement
- Présence de Ca dans les eaux nécessaire
- Moins de 1m²/EqH

Problématique

- Une 50aine de type d'Apatite existe.
- Compromis cinétique/qualité hydrodynamique
- Problématique de coût-production
 - Matériau commercial
 - Refus pauvre en Apatite



Projet Marevap

- 3 types d'Apatites testées
- Objectifs
 - Mesurer l'évolution des cinétiques de rétention
 - Type d'Apatite, Charges (hydraulique, P, DCO), Roseaux, Température
 - Définir l'hydraulique des systèmes et son évolution
 - Traçages
 - Développement des roseaux et exportation végétale en P
- Pouvoir préciser les dimensionnements adaptés aux différents types d'application.



Marevap : taille réelle

- Toutes premières valeurs, stables depuis 6 mois
 - Rejet inférieur à 0,7 mg PT/l (MeS < 10)
 - En entrée entre 5 et 7 mg PT/l

Traitement d'effluents spécifiques : le cas des effluents d'origine agricole

Gérard MERLIN,
Polytech'Savoie

Traitement d'effluents spécifiques : le cas des effluents d'origine agricole

Gérard MERLIN,
Polytech'Savoie

La prévention de la qualité des eaux et en particulier la lutte contre l'eutrophisation des milieux aquatiques nécessitent le traitement des effluents issus de certaines activités agricoles. Parmi les différents procédés de traitement existants, les filtres plantés de roseaux offrent une alternative intéressante. Ce type de procédé rustique semble correspondre en effet aux contraintes économiques et techniques de l'agriculture et plus particulièrement à celles des exploitations de petite à moyenne taille.

Cette présentation aborde le problème de l'adaptation du procédé à des effluents issus de la viticulture, de l'élevage laitier et les cultures hors-sol. Ce problème est illustré par des exemples français.

Il ressort que ces effluents sont bien caractéristiques d'un effluent de type industriel caractérisé essentiellement par de fortes variabilités de charges volumiques et massiques mais aussi par une spécificité au niveau de la composition. En conséquence chaque cas peut être considéré comme particulier et nécessite une adaptation du procédé.

Bien que l'abattement de pollution soit important avec des pourcentages allant jusqu'à plus de 95 % des valeurs d'entrée, on constate parfois de fréquents dépassements des valeurs limites de rejets.

L'association de filtres plantés de roseaux avec d'autres procédés de traitements des eaux (à biomasse libre ou fixée) plus intensifs, semble être une solution bien adaptée pour garantir de meilleures efficacités.



LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'assemblée des pays de Savoie

Traitement d'effluents spécifiques Cas des effluents d'origine agricole

Gérard MERLIN

grai



MARDI 24 ET MERCREDI 25 AVRIL 2007

Plan

- Problématique : utilisation de FPR pour des eaux résiduaires non domestiques ?
- Application et adaptation aux effluents agricoles : principes et stratégies.
- Exemples :
 - Effluents viticoles et vinicoles
 - Eaux blanches et vertes, eaux brunes...
 - Eaux de drainage des cultures hors sol.
- Conclusion

Problématique

- Variabilité
 - Charges polluantes +/- ponctuelles et +/- fortes
- Spécificité
 - Polluants spécifiques
 - Pesticides, phytosanitaires
 - Détergents
 - Médicaments
 - ...
 - Pathogènes

⇒ « personnaliser le traitement »
après diagnostic

Principes et stratégie

- Adaptation et/ou combinaison avec autres procédés
 - Lagunage + FPR, BA + FPR, Biodisques + FPR....
 - Intensification
 - Recirculation
 - aération forcée
 - « surdimensionnement »

•Agriculture = source potentielle de pollution

- ⇒ **Traitements des effluents** (“en dernier recours”)
- Mais adaptés aux contraintes économiques et techniques de l’agriculture.
- ⇒ **procédés à faibles besoins énergétiques et économiques**
 - = **technologie “rustique”** (“robuste”)

↓

Filtres plantés de roseaux

↙

Viticulture

↓

Culture hors-sol

↘

Elevage
(Eaux « colorées »)

Charges polluantes à Leymiat

en période de vendange et hors période de vendange.
(MISE de l’Ain, 2004)

- **Débit :**
 - Période « hors vendange » = **51.6** m³/j.
 - Période de vendange = **70.2** m³/j.
- **charge en polluants :**
 - Période « hors vendange » = de **80 EH (DBO₅) à 131 EH (azote)**.
 - Période de vendange :
 - DCO **7 à 9 fois plus élevée**, DBO₅ supérieure d’un facteur **7 à 12**, la pollution particulaire de **8 à 12**.
 - Azote (1.6 fois plus élevée) et phosphore total (2.8 fois plus concentré).
 - MES est 7 à 10 fois plus important.
 - Période de vendange = **488 à 792 EH** (sur la base de la DBO₅) 6 à 10 fois le flux mesuré hors période de vendange.
 - DCO de **686 à 923 EH**
 - pH acide dans le réseau (mini. 4.5).
- **⇒ Eaux Résiduaires Industrielles**

Effluents vinicoles

Domaine Lapierre : 20 hectares, Villié-Morgon (Rhône, France),
→ 1000 hectolitres de vin/an

Etage 1: 3 filtres verticaux de 25 m² en parallèle,
alimentés en alternance + **recirculation (+aération)**

Etage 2: filtres horizontaux de 260 m² + recirculation

Etage 3: lagune de 52 m³.



Effluents vinicoles : du 19/08 au 20/10 en 2003.
Charge en DCO = 2920 kg et charge hydraulique = 199 m³

TABLE : Efficiency of reed beds for COD removal of winery wastewater

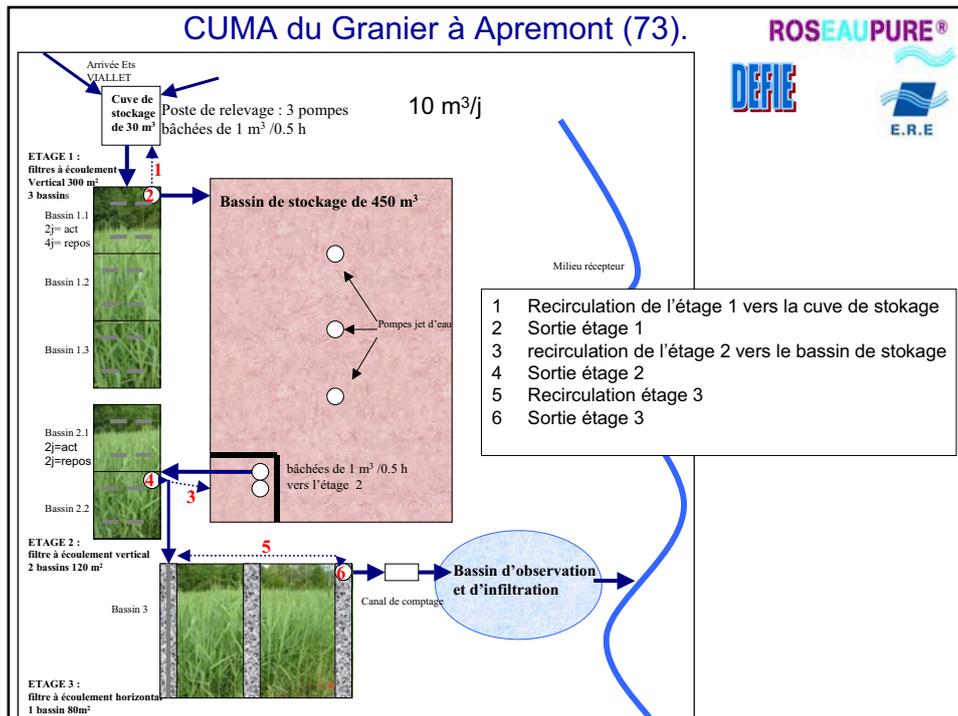
| | Vintage | | pressing | | Setting out of bottle | |
|----------------|----------|------|----------|------|-----------------------|----|
| | Mg/L COD | % | mg/L COD | % | mg/L COD | % |
| Inlet | 8520 | | 6020 | | 1740 | |
| Outlet stage 1 | 436 | 94.9 | 2075 | 65.5 | - | - |
| Outlet stage 2 | 30 | 99.6 | 290 | 95.2 | 35 | 98 |

Sortie : Nt, Pt, DBO, < limites de détection, MES < 20 mg/L.

Valeurs de rejets autorisées :

pH: 4-8.5; MES < 100 mg/L; DCO < 300 mg /L and DBO < 100 mg/L

=> en dessous des valeurs limites.



CUMA du Granier (73) - 25 000 hL eaux vinicoles

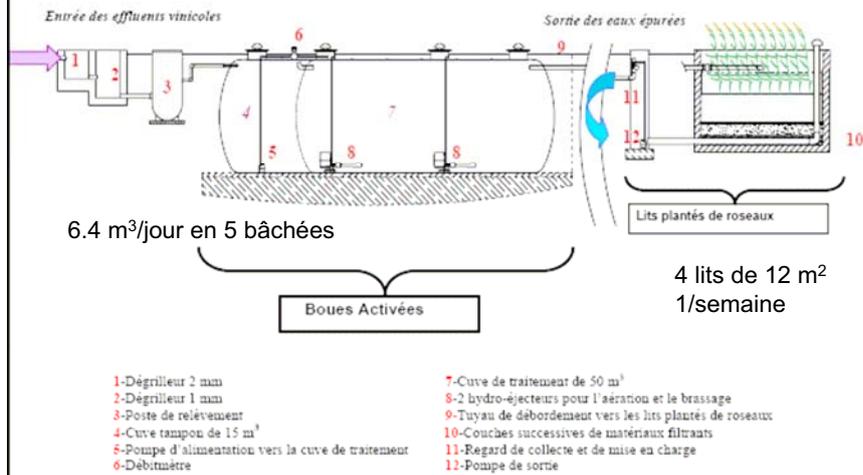
| | 1 | | | 2 | | | 3 | | | |
|--|--|---------------|-----------|--|-------------------|-----------|--|-------------------|-----------|------------|
| Date | 4 mai 2006 | | | 29 septembre 2006 | | | 19 octobre 2006 | | | |
| Qe | 6 m ³ /j | | | 22,15 m ³ /j | | | 12 m ³ /j | | | |
| Qs | 6 m ³ /j | | | 0 m ³ /j | | | 0 m ³ /j | | | |
| lieu de prélèvement | Entrée | Sortie finale | Rendement | Entrée | Filtre horizontal | Rendement | Entrée | Filtre horizontal | Rendement | NORME |
| MES (mg/L) | 120 | 32 | 73.3% | 2700 | 30 | 98.9% | 7700 | 47 | 99.4% | |
| DBO (mg/L) | 2540 | 70 | 97.2% | 10300 | 340 | 96.7% | 12100 | 120 | 99.0% | ≤ 100 mg/L |
| DCO (mg/L) | 3520 | 144 | 95.9% | 55700 | 486 | 99.1% | 19600 | 228 | 98.8% | ≤ 300 mg/L |
| prélevé par | B MEYNIER - JL PAJEAN - bilan 24H | | | B MEYNIER - JL PAJEAN - bilan 24H | | | B MEYNIER - JL PAJEAN - bilan 24H | | | |
| Conformité par rapport à la norme de rejet exigée, remarques | Niveau de rejet conforme à la norme de rejet des eaux industrielles. | | | Charges entrantes largement supérieures aux charges pour lesquelles la station a été dimensionnée. Pas de rejet en sortie. Le prélèvement 24H en fin de traitement a été fait à l'intérieur du regard de mise en charge du bassin à écoulement horizontal. | | | Charges entrantes supérieures aux charges pour lesquelles la station a été dimensionnée. Pas de rejet en sortie. Le prélèvement 24H en fin de traitement a été fait à l'intérieur du regard de mise en charge du bassin à écoulement horizontal. | | | |

LES JOURNÉES DE L'EAU DE L'ASSEMBLÉE DES PAYS DE SAVOIE

TRAITEMENT DES EFFLUENTS VINICOLES PAR BOUES ACTIVEES ET FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

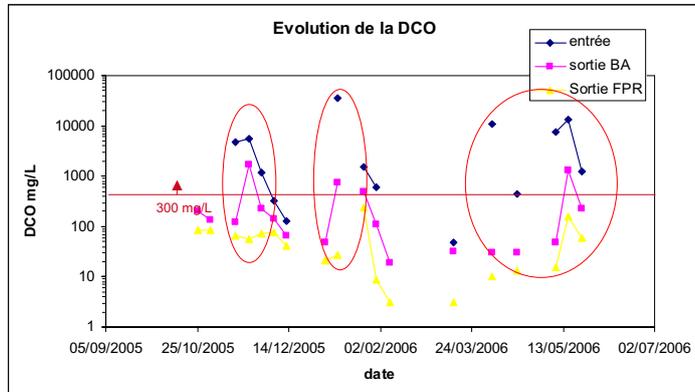


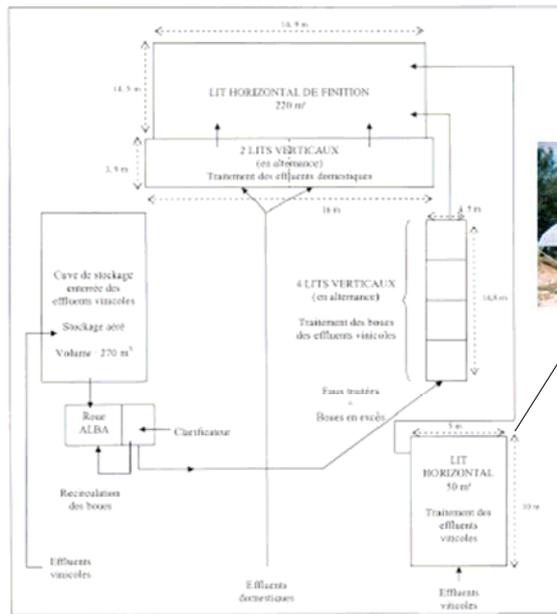
2700 hL/an, 47 Ha, 6 m³/jour (vendange) avec pic à 10 m³/jour



5 cm de boues minéralisées en 8 mois
 Entrée : DCO: de 0.05 g/L à 36.5 g/L; MES: de 0.005 g/L à 1.9 g/L

| % /entrée | Sortie BA | Sortie FPR |
|-----------|-------------------------|-----------------------|
| DCO | 78.7 +/- 20.5 | 93 +/- 10 |
| MES | 61.7 +/- 36 | 90.6 +/- 12 |





6000 hL/an



PHYTOSANITAIRES
50 m² (9,8 * 5,1 m) avec une profondeur variant de 0,6 m en entrée à 0,7 m en sortie. La porosité du substrat est de 0,35.
Objectif : rejet 0



Plan de l'installation du château Mont Redon (84)

Performances de la station relevées au cours de la vendange 2003 :

I : Entrée des effluents de cave dans les disques biologiques (après le bassin de stockage aéré)

Rejet : Sortie des effluents hors de la station, dans le milieu naturel (les effluents de cave et les eaux usées domestiques traitées sont mélangées en ce point)

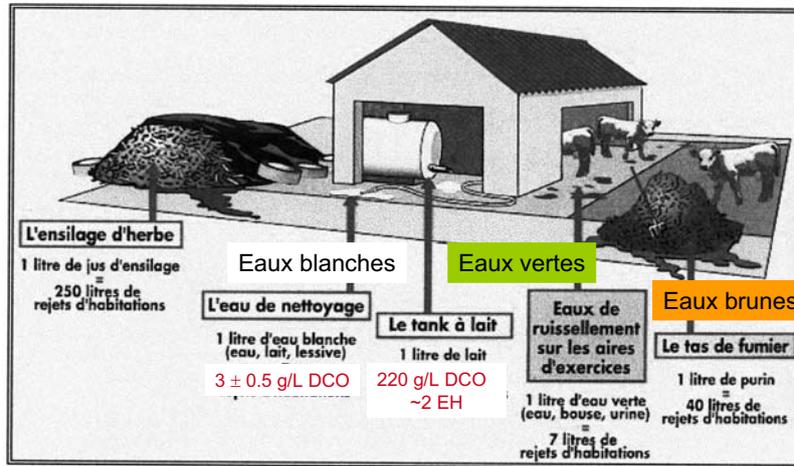
| | pH | | MES (mg/L) | | DCO (mgO ₂ /L) | | DBO ₅ (mgO ₂ /L) | |
|------------------------|---------|-------|------------|-------|---------------------------|-------|--|-------|
| | I | Rejet | I | Rejet | I | Rejet | I | Rejet |
| 01/10/2003 | 5,7 | 8,2 | 371 | 69 | 5 185 | 74 | 1 240 | 6 |
| 02/10/2003 | 5,9 | 8,1 | 316 | 62 | 5 565 | 76 | 3 300 | 9 |
| 03/10/2003 | 5,4 | 7,8 | 181 | 56 | 5 479 | 93 | > 2 000 | 26 |
| Valeurs limites | 4 à 9,5 | | 100 | | 300 | | 100 | |

| | DCO mg/L | DBO ₅ mg/L |
|---------------------|----------|-----------------------|
| Eaux de lavage | 1105 | 63.5 |
| Sortie filtre phyto | 162.5 | 4 |

Eaux de lavage des enjambeurs et cuves

Devenir à long terme des phytosanitaires piégés ?

Traitement des effluents « colorés »



Rejets d'une exploitation d'élevage.

Application pour des eaux blanches

1: Troupeau: 73 UGB (Isère)
Production laitière : 158 000 L/an
en stabulation libre
Effluents de salle de traite : 600 L/j

| Mesures | 1 ^{er} Prélèvement | 2 ^{ème} Prélèvement | 3 ^{ème} Prélèvement |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| DBO mg/l | > 4000 (hors gamme) | 2300 | - |
| DCO mg/l | 70000 >-> 35000 | 3400- 4000 | - |
| MES g/l | 6 | 1,2 | 0,6 |
| MVS mg/l | - | - | 420 |
| P mg/l | - | ~ 20 | - |
| Ntk g/l | > 0.1 (hors gamme) | 1 | - |
| Température | 13 °C | 13 °C | - |

2: 65 000 L/an (Chindrieux)
1 600 L/j

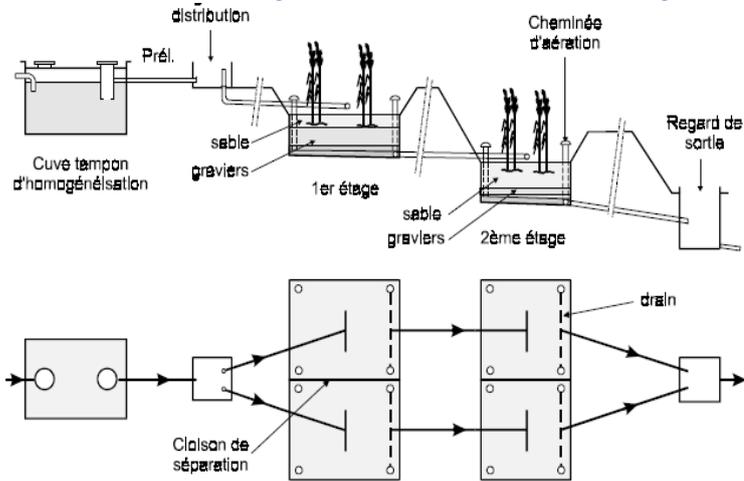
| DBO ₅ | DCO | MES | Nt | Pt | pH |
|------------------|---------|----------|----------|-----------|-------|
| 2 g/L | 2.9 g/L | 0.7 g/L. | 0.19 g/L | 0.018 g/L | 4 -10 |

3: Centre d'Elevage (Poisy)
Effluent : 5 000 L/j
+ lait (->160 L/j)
+jus de la fumièrre
Stabulation libre sur paille

| | DBO ₅ | DCO | MES | Nt | Pt | pH |
|---------|------------------|---------|----------|----------|----------|-----|
| moyenne | 1.5 g/L | 3 g/L | 1.8 g/L. | 0.17 g/L | 0.03 g/L | 7.5 |
| +/- | 0.6 g/L | 1.5 g/L | 2 g/L | 0.07 g/L | 0.01 g/L | 0.4 |
| maximum | 2.5 g/L | 6.1 g/L | 7.5 g/L | 0.37 g/L | 0.06 g/L | 8.1 |

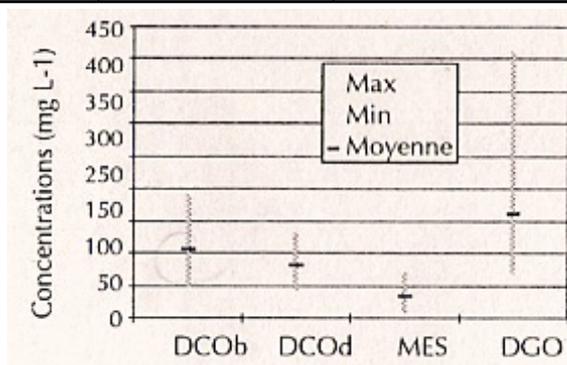
Effluents = f(pratiques d'élevage)

Eaux blanches + eaux vertes Etude : Cemagref-Institut de l'Élevage



| FTE | < 100 UGB | 100-150 UGB |
|---------------|----------------------------|----------------------------|
| Eaux blanches | 3 m ³ | 4 m ³ |
| + Eaux vertes | 6 m ³ | 9 m ³ |
| FPR | Etage 1 | Etage 2 |
| Eaux blanches | 0.17 m ² /vache | 0.08 m ² /vache |
| + Eaux vertes | 0.27 m ² /vache | 0.13 m ² /vache |

Résultats
Sortie de filtre
3 exploitations
(18 mesures)



| | |
|--|--|
| Surface totale de filtre utile | 225 m ² |
| Dimension de chaque bassin | 3 x 75 m ² (7,5 x 10 m) |
| Volume de chaque bûchée (hauteur = 3 cm) | 2,25 m ³ |
| Charge hydraulique hivernale moyenne par bassin - volume journalier hivernal moyen, y compris recyclage à 500 % - charge journalière moyenne - nombre de bûchées par jour | 33,3 m ³ 0,44 m ³ /m ² 15 |
| Charge hydraulique maximale | 75 m ³ / jour |

Valeurs en sortie de filtre de juillet 2006 à février 2007

| | DBO ₅ | DCO | MES | Nt | Pt | pH |
|----------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|-----|
| moyenne | 0.16 g/L | 0.60 g/L | 0.245 g/L. | 0.060 g/L | 0.034 g/L | 7.7 |
| +/- | 0.09 g/L | 0.29 g/L | 0.097g/L | 0.022 g/L | 0.015 g/L | 0.2 |

Inadéquation charges et conception

Ctifi



Cultures hors sol de tomates

- 20 petits lits (1m², 1.8 m longueur, 0.6 m largeur, 0.67 m profondeur) sous tunnel : A
- 3 lits moyens (20 m², 9 m longueur, 2.2 m largeur, 0.70 m profondeur): B
- 1 grand lit (88 m², 19.4 m longueur, 4.5 m largeur, 0.6 m profondeur) sous tunnel : C

Temps de séjour hydraulique d'environ 10 jours

Source de carbone = vin déclassé
ajouté en entrée des lits pour favoriser la dénitrification (1 L/1000L d'effluents).



A : petits pilotes avec roseaux



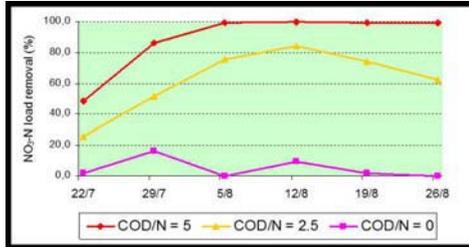
B : pilotes de moyenne taille Avec roseaux



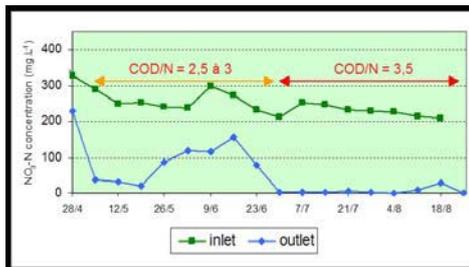
C : grand pilote avec joncs

TABLE 1: Main characteristics of tomato crop run off tested in the beds.

| | EC (mS.cm ⁻¹) | pH | COD (mg.L ⁻¹) | TSS (mg.L ⁻¹) | NO ₃ -N (mg.L ⁻¹) | NH ₄ -N (mg.L ⁻¹) | PO ₄ -P (mg.L ⁻¹) | SO ₄ -S (mg.L ⁻¹) |
|---------|------------------------------|-----|------------------------------|------------------------------|---|---|---|---|
| Minimum | 1.7 | 6.0 | <30 | 6 | 196 | 0 | 0 | 57.8 |
| Maximum | 3.7 | 8.5 | 44 | < | 370 | 0.3 | 25.7 | 119 |



A Lits de 1 m²



B Lit de 88 m²

⇒ DCO/N ≥ 3.5
[DCO]sortie < 120 mg/L

Evolution de l'élimination de NO₃-N dans les lits de 1 m² (A)
Et des concentrations de NO₃-N dans le lit de 88 m² (B) suivant le rapport DCO/N.

CONCLUSION

- **FPR = procédé possible pour traiter les ERI d'origine agricole**
- Définir le cahier des charges → connaissance précise de l'effluent
- Adapter le procédé (limiter les charges, recirculation, combinaison,...)
- S'inspirer des centaines de réalisations en Europe, Amériques, Asie...

Efficacité des filtres plantés de roseaux pour le traitement des métaux et hydrocarbures : cas des eaux pluviales

Gérard BLAKE,
Polytech'Savoie

Efficacité des filtres plantés de roseaux pour le traitement des métaux et hydrocarbures : Cas des eaux pluviales

Gérard BLAKE,
Polytech'Savoie

Introduction

Dans le cas des réseaux unitaires ou même de plus en plus souvent, dans le cas des réseaux séparatifs, le traitement des eaux pluviales devient préoccupant, car ces effluents s'avèrent être chargés en différents polluants. Le traitement de ces eaux est pris en compte sur le plan de l'hydraulique (bassin tampon et bassin de décantation parfois) mais plus rarement en prenant en compte les possibilités de traitement des hydrocarbures et de rétention des métaux par des systèmes tels que les marais artificiels. Dans la littérature scientifique, on s'aperçoit que des essais ont été réalisés avec différentes espèces végétales telles que : *Schoenoplectus lacustris*, *Typha latifolia*, *Iris pseudacorus* et c'est *Phragmites australis* qui a été la plus souvent testée. Les premiers travaux effectués avec cette plante concernaient des marais naturels (Mungur *et al*, 1995).

Ces approches utilisant des héliophytes, sont plus particulièrement développées dans d'autres pays européens comme la Grande-Bretagne et surtout dans les pays nordiques.

Après un rappel des caractéristiques essentielles des eaux pluviales et des eaux de ruissellement de chaussée, les principes de traitement des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des métaux sont présentés. Des applications locales ou régionales font l'objet d'illustrations.

1) Les eaux pluviales et les eaux de ruissellement de chaussée

Ces eaux peuvent être contaminées par des ruissellements issus de toitures, par les résidus de combustion des moteurs à explosion, par les résidus de corrosion des glissières de sécurité, par l'abrasion du revêtement routier etc. Tous ces apports confèrent une grande variabilité de composition chimique dont les paramètres sont nombreux, citons entre autres : la durée de l'événement pluvieux, les caractéristiques du trafic (proportion véhicules légers ou poids-lourds, morphologie du secteur...). La corrélation entre les pluviogrammes et les polluto-grammes permet souvent de sélectionner les premières phases des événements pluvieux qui sont souvent les plus polluées. Cette corrélation a souvent été employée pour la conception des systèmes de rétention, mais la plupart du temps, ce sont les critères hydrauliques globaux qui sont à la base du type et du dimensionnement des dispositifs tels que les bassins de rétention.

En dépit de cette variabilité, les éléments traces métalliques (ETM) et les HAP présents sont les éléments chimiques les plus préoccupants vis-à-vis des perturbations engendrées dans les milieux récepteurs et vis-à-vis des utilisations potentielles pour l'homme. Il importe donc d'apporter des possibilités de rétention ou de traitements de ces contaminants. Dans cette recherche de solutions de traitement, la distinction entre

composés difficilement biodégradables tels que les hydrocarbures et spécifiquement rémanents comme les métaux est primordiale dans la compréhension et la conception des dispositifs de traitement.

II) Les éléments traces métalliques dans les FPR

Les ETM sont en grande partie liés aux MES et leur devenir dépend étroitement, dans un premier temps de la capacité de sédimentation et de filtration de ces particules. Par la suite, les variations de pH, de potentiel redox du substrat sont des facteurs éventuels de remobilisation de ces composés dont certains peuvent changer d'espèce chimique (liaison organique, complexes, formes ioniques ou particulaire...).

Nous pouvons donc considérer qu'il y a deux phases essentielles dans le traitement de ces composés :

- une phase primaire de rétention/immobilisation, qui s'avère être quasi-définitive et permanente pour les métaux si les conditions de complexation-fixation-précipitation avec le substrat sont stables,
- une phase secondaire de dégradation qui concerne surtout les composés organo-métalliques qui est marquée par une cinétique dépendant étroitement des conditions d'aérobie.

C'est dans cette deuxième phase que la synergie macrophytes (essentiellement *Phragmites australis*) / microorganismes bactériens et fongiques joue un rôle primordial.

Les mécanismes de rétention et de dégradation faisant appel à la synergie macrophytes-microorganismes de la rhizosphère sont présentés dans l'état de nos connaissances, il s'agit essentiellement des processus de précipitation d'oxy-hydroxydes ferriques autour des racines qui porte le nom de plaque ferrique. Cette plaque ferrique a fait l'objet de plusieurs travaux depuis sa mise en évidence par Peerly en 1980. Les premiers travaux effectués grâce à des analyses chimiques effectuées après des extractions ont mis en évidence les possibilités de co-précipitations métalliques que l'on expliquait comme une possibilité de protection de la plante vis-à-vis d'une pénétration excessive de toxiques. Ces explications sont souvent critiquées actuellement. Les nouvelles investigations effectuées actuellement avec des techniques avancées (ex. du Synchrotron à Grenoble par le laboratoire LGIT de l'Univ. J Fourier) mettent en évidence la complexité des précipitations des différentes espèces chimiques et montrent que celles-ci ne protègent pas systématiquement la plante de la pénétration par différents métaux. Quoiqu'il en soit, et même si quantitativement, ce processus est difficilement mesurable, il représente une possibilité d'immobilisation non négligeable pour plusieurs métaux au contact d'un système racinaire qui s'étend sur plusieurs m² pour chaque pied de roseau. Ainsi globalement, le processus permet de fixer des quantités importantes d'éléments en conditions d'aérobie.

Complémentairement, la précipitation d'autres espèces métalliques en anaérobie sous formes de sulfures, à des valeurs basses de potentiel redox est un autre processus qui est connu quand la présence de soufre est suffisante dans le substrat ; ceci peut d'ailleurs aboutir à des niveaux toxiques non négligeables dont il faut éventuellement tenir compte.

Globalement, l'antagonisme entre ces deux processus de fixation aérobie et anaérobie reste **la** question essentielle à approfondir pour l'optimisation de l'efficacité du système d'épuration métallique.

Les roseaux ne peuvent pas être considérés comme des métalphytes et les concentrations métalliques présentes dans la plante ne représentent pas un phénomène quantitativement intéressant au sens de l'épuration des effluents, même s'il existe des

différences significatives entre le comportement des espèces métalliques. Des travaux scientifiques ont été menés dans les milieux naturels, les marais artificiels et dans des écosystèmes recevant des eaux de lessivage de mines. Une des premières questions posées porte sur les risques de toxicité des métaux pour la plante, ceux-ci sont faibles (Ye *et al*, 1997). Dans la majorité des situations, il apparaît que ce sont les organes souterrains, en particulier les racines, qui concentrent le plus fort pourcentage des métaux ayant pénétré dans la plante. Cette forte concentration des métaux analysée dans les racines peut parfois être artificiellement augmentée par les dépôts extérieurs de la plaque ferrique (si les racines n'ont pas été correctement nettoyées) ; elle traduit également le fait que les métaux se déplacent relativement peu dans les organes supérieurs de la plante. Nous avons d'ailleurs montré cette répartition métallique chez la massette (*Typha latifolia*) en employant un traceur radioactif (Zn^{65}) et confirmé la prépondérance des parties inférieures. La mobilité des métaux dépend du type de métal et de l'existence de transporteurs plus ou moins actifs et la possibilité d'une adaptation des plantes aux milieux très pollués s'est posée, notamment pour cette dernière espèce végétale.

Quoi qu'il en soit, on s'aperçoit que la plante joue un rôle direct relativement limité dans la rétention métallique du système épurateur. Le devenir de la litière végétale contaminée par les métaux doit également être pris en compte dans la gestion des FPR ; toute valorisation de la biomasse végétale doit être considérée en fonction des risques ultérieurs encourus, de même lorsque cette litière reste sur place, elle s'enrichit en métaux au cours de sa décomposition et sa minéralisation et participe aux capacités de captation du système (liaisons humiques).

III) Les hydrocarbures

Nous traiterons ici essentiellement des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) qui représentent un risque non négligeable pour les écosystèmes et la santé humaine car certains d'entre eux sont reconnus comme cancérigènes. Ces composés aromatiques sont habituellement classés suivant leur poids moléculaire et si les plus légers (inférieurs à 4 cycles) sont relativement assez bien dégradés dans l'environnement, les plus lourds sont plus rémanents ; ils se fixent sur les particules minérales ou organiques et sont, de plus, moins accessibles aux quelques voies de dégradation des bactéries et champignons éventuellement présents dans les sols et sédiments. Pour ces raisons, la contamination des écosystèmes par ces produits issus essentiellement des combustions est un problème qu'il faut prendre en compte, compte tenu de la fréquence très élevée de ces composés dans les eaux de ruissellement.

Les hydrocarbures et plus particulièrement les HAP offrent des voies de dégradation sous certaines conditions (aérobies dominantes, co-métabolisme...) qui peuvent être exploitées afin de réduire leur temps de séjour dans les marais artificiels.

Ces voies de dégradation des HAP dans les sols et sédiments sont sous la dépendance des microorganismes présents et des conditions physico-chimiques du milieu. En effets, les souches responsables de cette dégradation sont pratiquement toutes aérobies en raison des voies enzymatiques utilisées ; ces conditions restreignent fortement la capacité de dégradation des HAP et expliquent le fait que les milieux pollués, le restent très longtemps car, de plus, la maturation de ces composés dans ces milieux les rendent inaccessibles aux microorganismes épurateurs.

Les travaux de recherche portant sur l'utilisation de marais artificiels pour le traitement des HAP sont relativement peu nombreux par rapport aux études portant sur les métaux lourds.

Ceci est regrettable car ces polluants sont souvent associés et il importe de pouvoir traiter concomitamment ces deux familles de composés.

Par contre, les travaux de laboratoire ou en mésocosmes laissent espérer des applications prochaines à l'échelle réelle des FPR.

Nos travaux effectués à l'aide de HAP marqué au ^{14}C (Pyrène) mettent clairement en évidence, le rôle bénéfique des plantes telles que le roseau qui stimule par un facteur 3 à 5 l'activité des bactéries aérobies présentes dans la rhizosphère. Là encore, l'utilisation d'un traceur permet de connaître avec précision le devenir du polluant dans le système et de vérifier qu'il s'agit bien d'une dégradation par les bactéries et non pas une simple séquestration du pyrène.

Les applications de ce type de résultat sont relativement évidentes puisqu'elles démontrent que la synergie roseau/bactéries est nécessaire si l'on veut optimiser le rendement épuratoire du système.

La dégradation des HAP est donc favorisée par les apports d'oxygène issus des racines du roseau qui créent un environnement propice au développement des bactéries aérobies. Des travaux récents ont également confirmé les possibilités d'utilisation de ces FPR pour des teneurs élevées d'hydrocarbures pétroliers (Ji *et al*, 2007).

IV) Applications des Filtres Plantés de Roseaux aux effluents chargés en métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques

La priorité reste la question du dimensionnement de l'installation en fonction des critères définis par l'étude hydrologique : choix de la période de retour de défaillance de l'ouvrage, évaluation des débits de fuite, régulation des débits, infiltration ou non.... Tous ces paramètres sont à prendre en compte en amont des critères de dépollution. Les disponibilités du site constituent également des critères incontournables.

Sur le plan de la dépollution, les FPR ont commencé à être utilisés pour ces types d'effluents depuis quelques années dans des pays qui ont pris conscience de la dangerosité des eaux de ruissellement et des eaux de chaussée de routes, parkings et autoroutes ; c'est le cas des pays nordiques, de la Grande-Bretagne notamment.

Dans le cas des eaux de chaussée, les dispositifs sont parfois très simples et « rustiques », avec simplement un dispositif régulateur de débit, amortisseur de flux ou parfois avec un décanteur-déshuileur plus sophistiqué. On trouve également des dispositifs permettant de réagir à différents niveaux de débit par des niveaux d'épuration par infiltration/percolation et traitement biologique intégré avec différentes espèces de végétaux. La plus grande part de ces dispositifs sont gravitaires et se superposent à des bassins décanteurs destinés à amortir le flux hydrique (bassins tampons) et souvent à des canaux ou à des noues enherbées.

Les retours d'expérience de ces installations mettent souvent en évidence :

Le colmatage des noues enherbées avec le temps,

Le risque de colmatage des parties amonts des bassins et la nécessité d'un suivi régulier pour l'extraction des flottants et autres débris grossiers,

Les difficultés d'adaptation des dispositifs aux variations hydriques de plus en plus fréquentes...

Les difficultés d'adaptation de dispositifs standards à des conditions particulières (sensibilité du milieu récepteur, protection de nappes, particularités des effluents etc.)

Nous présentons ici quelques situations types dans le cadre d'un milieu récepteur particulièrement sensible : le Lac du Bourget.

Ces installations sont alimentées par les eaux de ruissellement de chaussée et concernent le Sud du lac du Bourget ; de même une installation traitant de eaux de chaussée d'autoroute est présentée.

De même, une installation située à Annecy-Le-Vieux, à l'aval d'une zone industrielle est présentée. Il s'agit d'une installation récente de grande ampleur.

Conclusion

Les FPR sont des éléments qui permettent d'améliorer la qualité des eaux pluviales et des eaux de ruissellement de chaussées chargées en métaux et hydrocarbures. Ces polluants souvent liés aux particules, sont retenus par sédimentation/filtration dans un premier temps.

En réalité, les mécanismes de piégeage des éléments traces métalliques dans les FPR sont complexes car ils font intervenir les composantes du substrat (matières organiques, argiles), les plantes et les microorganismes vivant au contact de ces plantes (rhizosphère). Il apparaît également que l'état physiologique des roseaux est un facteur qui intervient tout autant que la capacité d'oxygénation du milieu. Tous ces facteurs sont à considérer comme des facteurs permettant d'optimiser la capture des métaux. L'évolution des composés métalliques dans le temps, en fonction de l'accumulation de la matière organique, de sa minéralisation est encore peu étudiée.

Pour les HAP, les voies de dégradation sont en majorité en aérobie ; ceci est à considérer dans la conception des dispositifs.

Les eaux pluviales chargées notamment en métaux et en HAP peuvent être épurées par des FPR si l'on prend en compte les facteurs principaux de piégeage et de dégradation cités mais des améliorations sont sans doute encore à apporter en tenant de l'évolution des premières installations et de l'acquisition des connaissances sur les mécanismes mis en jeu.

Bibliographie

Blake,G.,Gagnaire-Michard,J.,Kirassian, B, and Morand,P. 1987. Distribution and accumulation of zinc in *Typha latifolia*, in Proc. Conf. Aquatic Plants for Wastewater Treatment and Ressource Recovery. Reddy,K.R. and Smith,W.H. Eds Magnolia Publis. Orlando. Florida.

Ji, G.D., T.H. Sun and J.R. Ni. 2007. Surface flow constructed wetland for heavy oil-produced water treatment. *Bioresource Technology* 98:436-441.

Kadlec, R.L.,Knight,R.L.,Vymazal,J,Brix,H. Cooper, P, Haberl,R., 2000. Constructed wetlands for Pollution Control Processes, Performance, Design and Operation. International Ltd., Padstow, England.

Mungur, A.S., Shutes, B.E., Revitt, D.M., House, M.A., 1995.An assessment of metal from highway runoff by natural wetland. *Water Science and Technology* 32, 169–175.

Vymazal, J., Brix,H.,Cooper,P.F., Green, M.B., Haberl,R. 1998. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.

Ye, Z.H., Baker, A.J.M., Wong, M.H., Willis, A.J., 1997. Zinc, lead and cadmium tolerance, uptake and accumulation by common reed *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Annals of Botany* 82, 83–87.

Annexe

Tableau : Exemples de valeurs de concentration métalliques relevées dans la littérature scientifique chez le roseau ou d'autres espèces d'hélophytes.

| | | <i>Phragmites australis</i> | | | | | Valeurs moyennes ds hélophytes (mg/kg) |
|----------------|---|-----------------------------|-------|----------|---------|-------------|--|
| | | Feuilles | Tiges | Rhizomes | Racines | organ. Sup. | organ. Inf. |
| Zinc | Teneurs (mg/kg) capacités de piégeage (g/m-2) | 200 | 300 | | 35 | 1-300 | 20-400 |
| Cuivre | teneurs capacités de piégeage | 3 | 4 | | 3 | 161--2000 | 1,5-80 |
| Cobalt | teneurs | 0,65 | | | | 0,01-7 | |
| Plomb | teneurs | 3 6 | | 0,2 | | 60,04-600 | 0,11-6 |
| Mercure | teneurs | 0,01 | | | 0,01 | 0,01-2 | 0,01-1,5 |
| Fer | teneurs | 70(900) | 20 | | 80 | 20-60000 | 40-7000 |
| Chrome | teneurs | | | | | 1--17 | |



Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

Développement des FPR pour les effluents chargés en métaux et hydrocarbures (HAP): cas des eaux pluviales

Gérard BLAKE
Professeur à Polytech'Savoie
UNIVERSITE DE SAVOIE

graie



Les eaux pluviales

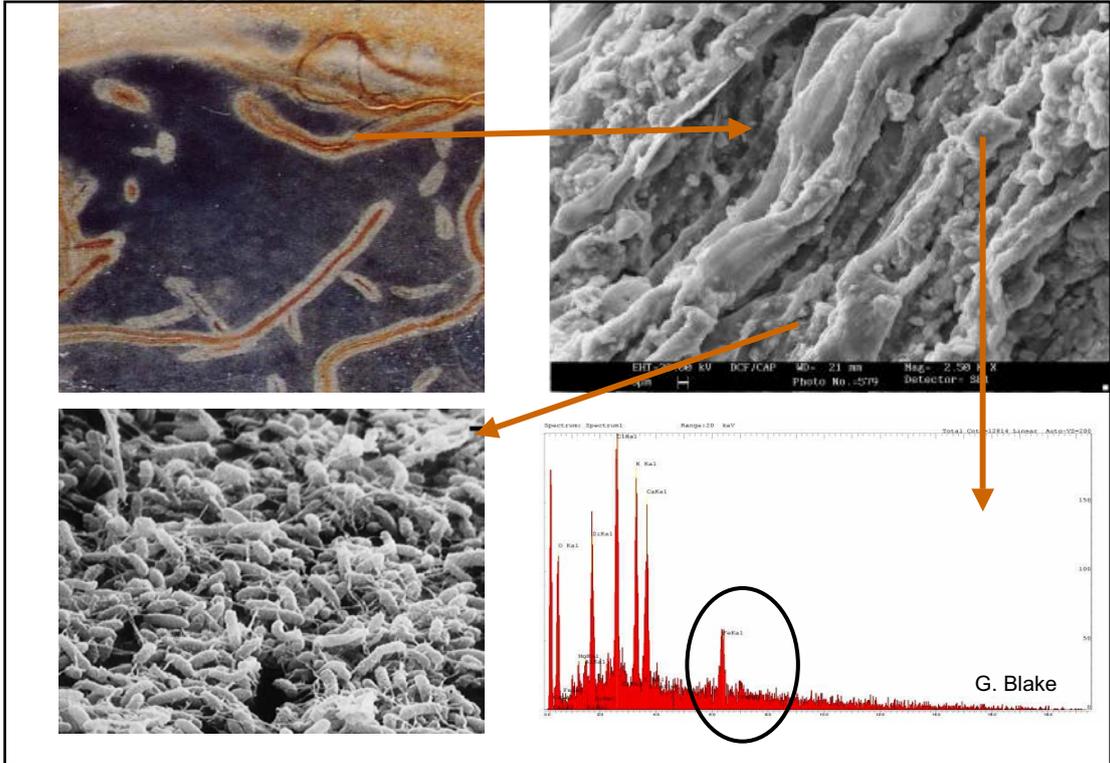
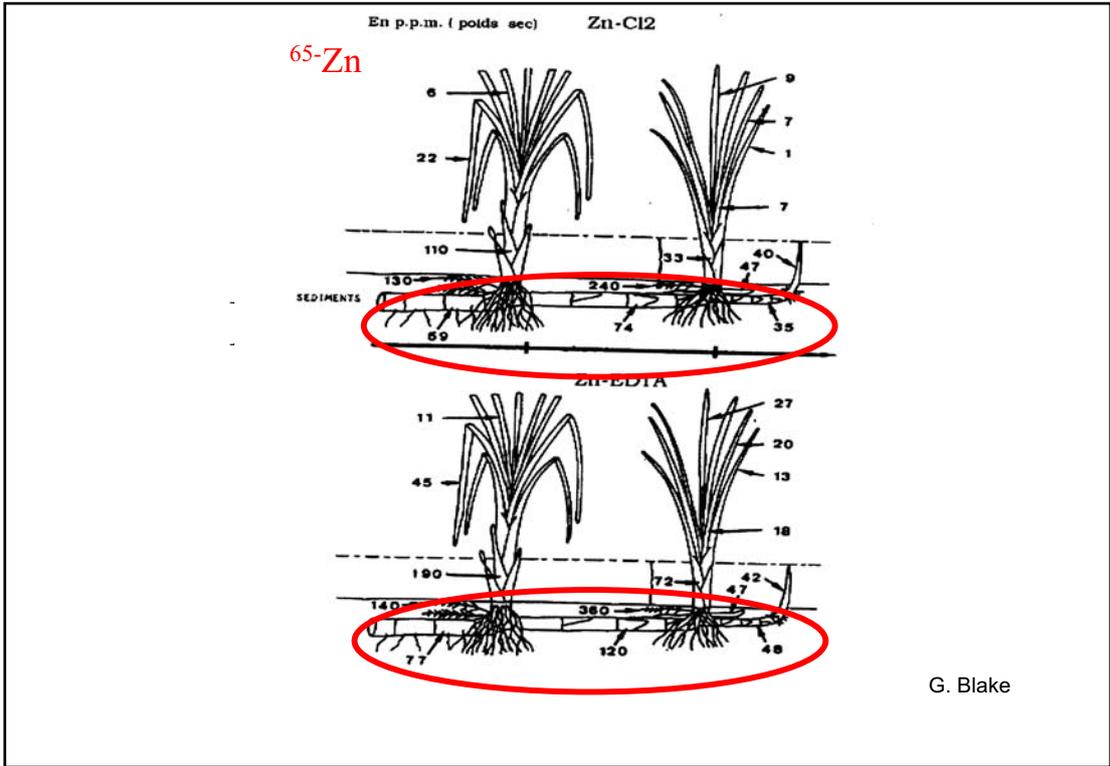
| Paramètres | Concentrations moyennes événementielles | | | Valeurs de références | |
|---|---|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| | Res. & commerciale | Autoroute & route à fort trafic | Toitures | L.Q. Conso. / prod. eaux de surface | Normes Rejets STEP |
| MES (mg/L) | 190 1- 4582 | 261 110 - 5700 | | | 35 |
| Nutriments (mg/L) | | | | | |
| N total | 3,2 0,4 - 20 | | | 1 | 10 / 15 |
| P total | 0,34 0,02 - 14,3 | | | | 1 / 2 |
| NO ₃ | 1 - 4 [19] | | 0,5 [20] | 50 | |
| N - NH4 | 1,45 0,2 - 4,6 | 0,02 - 2,1 | | 0,3 / 3 | |
| Métaux (µg/L) | | | | | |
| Pb total | 210 10 - 3100 | 960 241 - 3400 | 23-104 [20] 100-1 000 [21] | 10 | |
| Zn total | 300 10 - 3680 | 410 170 - 355 | 24 - 900 [20] 500-10 000 [21] | 5000 | |
| Cu total | 144,6 CV = 103 % | 18,5 CV = 40 % | 27-235 [20] 10-100 [21] | 1000 | |
| Cd total | 2,81 CV = 151 % 11,3 CV = 93 % | 0,76 CV = 83 % 3,61 CV = 30 % | 0,7 [20] 0,5 - 5 [21] | 5 | |
| Matière organique | | | | | |
| DBO ₅ (mg/L) | 11 0,7 - 220 | 24 12,2 - 32 | | 1 | 25 |
| DCO (mg/L) | 85 20 - 365 | 128 - 171 | | 30 | 125 |
| Hydrocarbures | | | | | |
| Hydrocarbures (mg/L) | 1,9 0,04 - 25,0 | 28 2,5 - 400 | | 1 | |
| HAP (µg/L) | 0,01 CV = 102 % | 0,03 - 6 | | 0,1 / 1 | |
| chrysène | 0,3 - 10 | | | | |
| fluoranthène | 0,3 - 21 | | | | |
| phenanthrène | 0,3 - 10 | | | | |
| Pyrene | 0,3 - 16 | | | | |
| Benzopyrène | 97 | | | | |
| POPs | | | | | |
| PCBs (ng/L) | 27 3 - 175 [17] | 3 - 85 [21] | | | |
| Pesticides (µg/L) | | | | | |
| Glyphosate | <1,52 <0,1 - 4,7 | 0,72 0 - 1750 | | | 0,5 / 5 |
| Diuron | <1 -0,05 - 13 | 0,05 0 - 2 | | | 0,1 / 1 |
| Chlordane | 0,01-10 [18] | | | | 0,1 / 1 |
| Composés organiques Volatils et solvants chlorés | | | | | |
| Bactéries (N/100mL) | | | | | |
| Coliformes fécaux | 6430 40 - 500 000 | | | 20 000 | |
| Escherichia Coli | | | | | |
| Pseudomonas aeruginosa | Plusieurs centaines | | | | |
| Salmonella | < 1 | | | | |
| Shigella | 10 - 100 | | | | |

D'après:

Eaux pluviales et assainissement:
nouvelles préoccupations sanitaires

10 octobre 06 – LYON VILLEURBANNE

Variabilité importante



Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

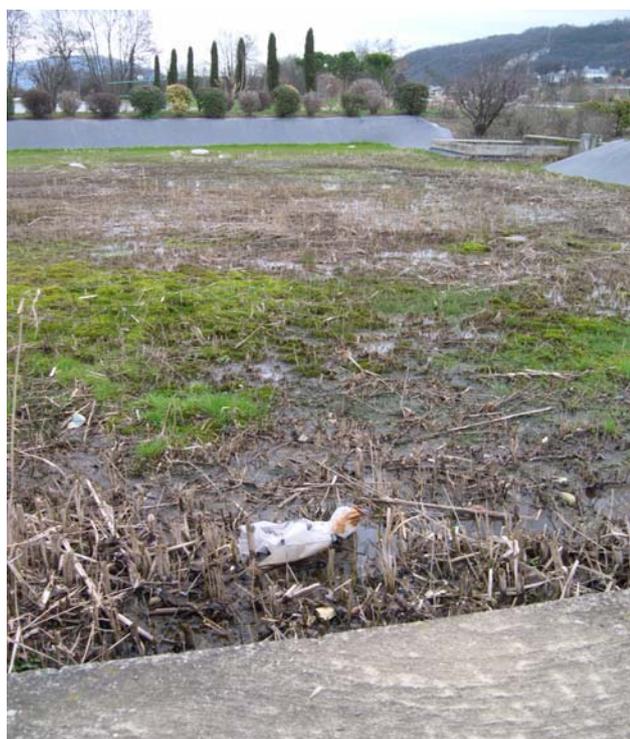
A

| jours | Condition 1 (▲) | Condition 2 (●) | Condition 3 (○) | Condition 4 (□) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 20 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 30 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 40 | 0.12 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| 50 | 0.22 | 0.10 | 0.05 | 0.05 |
| 60 | 0.45 | 0.18 | 0.05 | 0.05 |

D'après:

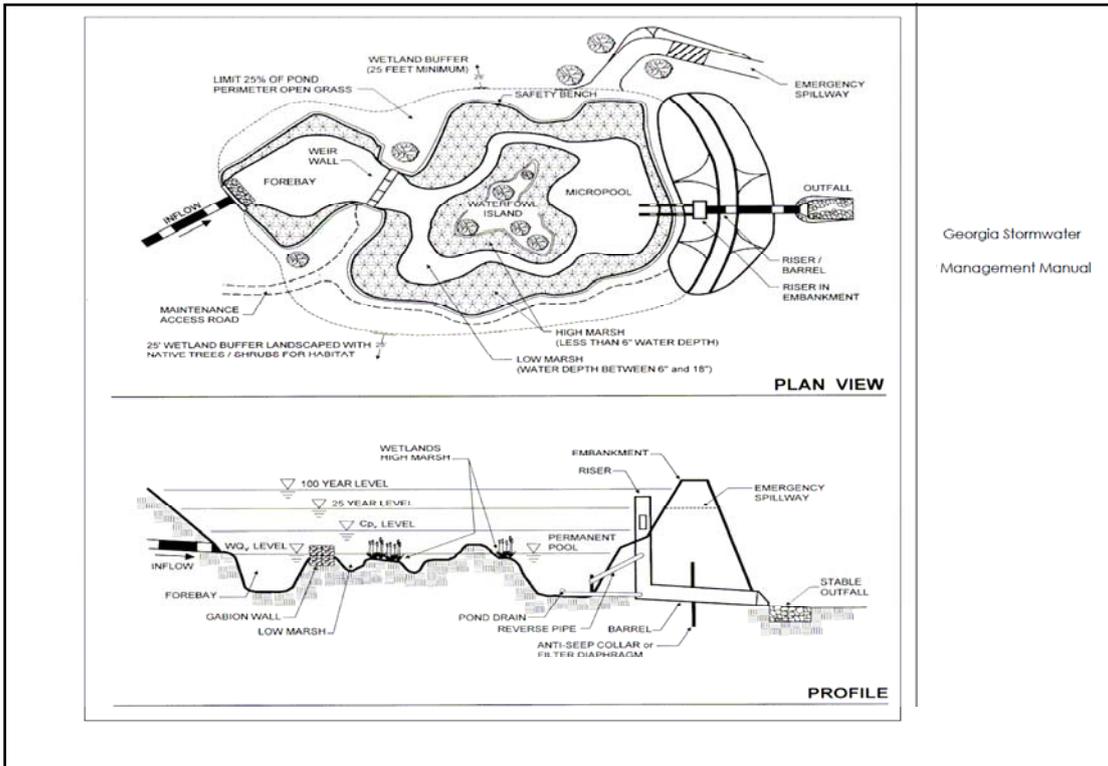
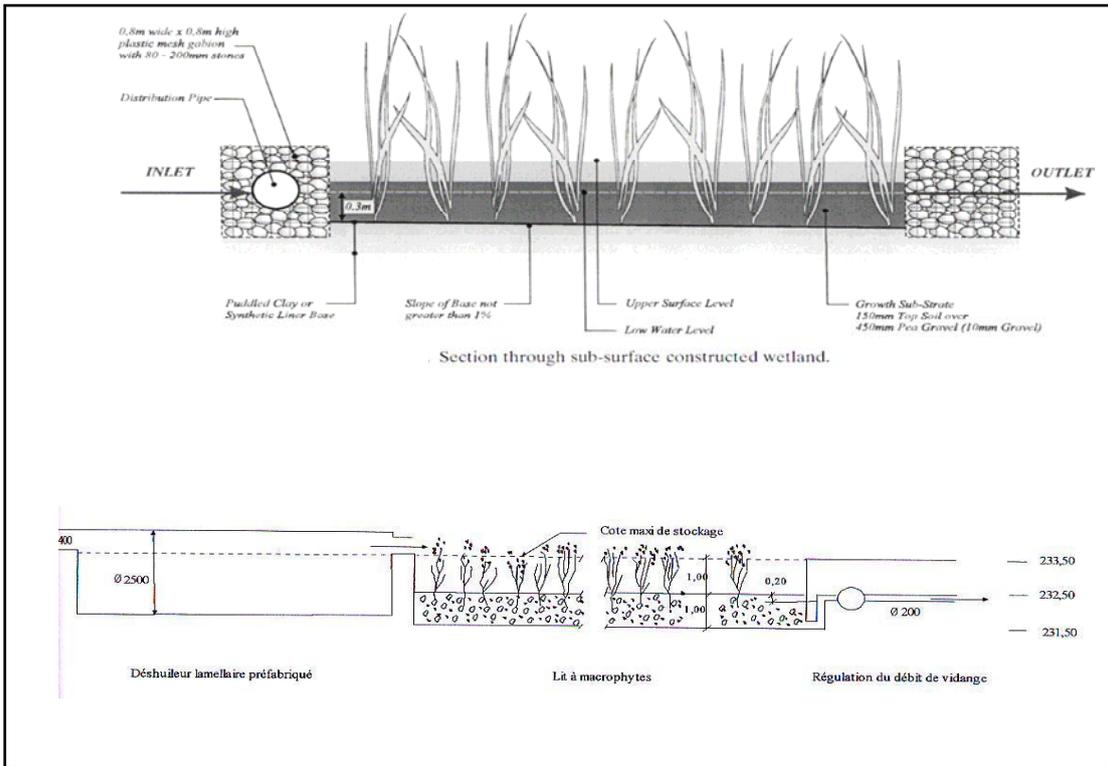
Stimulation of Pyrene Mineralization in Freshwater Sediments by Bacterial and Plant Bioaugmentation
 Yves Jouanneau,* John C. Willison, Christine Meyer, Serge Krivobok, Nathalie Chevron, Jean-Luc Besombes, and Gérard Blake
 Laboratoire de Biochimie et Biophysique des Systèmes Intégrés, Département de Réponse et Dynamique Cellulaires, CNRS UMR 5092, CEA-Grenoble,
 F-38054 Grenoble Cedex 9, France, Laboratoire d'Écologie Alpine (LECA), UMR CNRS 5553, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, BP 53, F-38041 Grenoble Cedex 09, France,
 and Laboratoire d'Optimisation et Conception en Ingénierie de l'Environnement (LOCIE), and Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement
 (LCME), ESIGEC-Université de Savoie, 73376 Le Bourget du Lac, France

Les dispositifs



Les solutions
« classiques »





Exemples récents d'application de dispositifs:

73

ARXAGALAT AREA

LE GRAND LAC 1999 2015 **73**
SECTEUR DU LIDO

Le principe de l'aménagement de ce secteur, situé sur la commune de Tresserve, repose sur une refonte complète du parking et de la plage du Lido. La route, déplacée côté colline, sera enjambée par une « passerelle jardin » afin d'assurer une liaison piétonne sécurisée.

Les accès parking et riverains seront rétablis grâce à la création d'un carrefour giratoire en ellipse. Celui-ci accueillera en son centre un bassin (à macrophytes) destiné à récupérer et éliminer la pollution routière.



Zone des Glaisins (Annecy-Le-Vieux): Traitement des eaux pluviales

74



Ouvrages hydrauliques de traitement des eaux de ruissellement du bassin versant des Glaisins nord

Principe
Les eaux ruissellent verticalement à travers des filtres placés le long du ruisseau. Les eaux pluviales sont chargées d'une pollution dont une part est dégradable : les particules en suspension au fond du bassin. Les matières en suspension sont éliminées grâce au temps de stockage dans le bassin. Le filtre au fond est composé de couches successives de gravier et de sable. Les eaux y subissent un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexation) et biologique (par une activité bactérienne en aérobie).

Les filtres à mousse sont le meilleur procédé naturel actuel connu. Les mousses de type sphériques, australis, alvatus, permettent un bon traitement des microgels, huiles, engorgement du colmatage. Favorisant le développement de micro-organismes qui participent à la dégradation de la pollution, engorgement le colmatage et ne gênent pas aux mêmes de polluants.

Performance

| Paramètre | Remède obtenu |
|--|---------------|
| Eaux villageuses (moyenne de ruissellement par 100 m ² de bassin en cas de ruissellement de pluie) : 100 m ³ | 1.8 % |
| Eaux filtres (moyenne de ruissellement) : 100 m ³ | 21 % |

Remède obtenu :

- 67% des matières organiques
- 60% des MAT, en suspension
- 60% de la DBO₅ (P)
- 20% d'hydrocarbures

Amélioration supérieure pour une partie des déchets solides :

- 75% des MAT, organiques
- 65% des MAT, inorganiques
- 85% des MAT, en suspension

DDAF et AE RM&C

Conception Cabinet Merlin

The architectural drawings show a cross-section of a water treatment structure with various layers and components labeled. The photograph shows the physical installation of the structure in a natural setting. The site plan shows the layout of the structure and the flow of water through it, with arrows indicating the direction of flow.

Conclusion

- Priorité à l'hydraulique...
- Les polluants suivent en partie le devenir des particules auxquelles ils sont liés.
- Rémanence des métaux mais capacités de fixation dans la rhizosphère
- Possibilités de dégradation des HAP par voies aérobies (action particulière des héliophytes)
- Mécanismes nombreux, complémentaires à optimiser

**Les filières d'assainissement pour
les petites unités :**
état des lieux en Rhône-Alpes et
perspectives

Arthur IWEMA,
Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse

Les filières d'assainissement pour les petites unités : état des lieux en Rhône-Alpes et perspectives

Arthur IWEMA,
Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse

Depuis la fin des années 1990, le nombre de collectivités rurales qui choisissent les filtres plantés de roseaux comme filière pour le traitement de leurs eaux usées est en augmentation exponentielle. Comme souvent dans le cas d'un brusque engouement pour une technologie, la question de sa pertinence est posée et d'aucuns n'hésitent pas de parler de mode. Alors, mode ou bon sens ?

L'épuration des eaux usées consiste à se faire dérouler plusieurs processus biologiques (et physique) dans un ouvrage, donc de façon concentrée dans l'espace et le temps, processus qui sont empruntés à ce qui se passe dans la nature, de façon plus extensive, dans les eaux réceptrices (les rivières et leurs berges, les lacs). On sépare des matières en suspension par décantation ou filtration; on oxyde des matières organiques, grâce à l'intervention de micro-organismes et la fourniture d'air; de la même façon l'ammoniac est transformé en nitrate, etc. La conséquence inévitable est la génération d'un sous produit, les boues d'épuration, qu'il faut régulièrement évacuer de l'installation sous peine de dégradation des résultats épuratoires.

Les filières « classiques » de stations d'épuration, les stations à boues activées notamment, si elles sont très performantes dans des contextes urbains, sont moins adaptées à certains caractéristiques que l'on rencontre fréquemment dans des petites collectivités rurales comme : des réseaux unitaires et/ou drainants, l'absence d'une compétence technique spécialisée et des moyens financiers limités pour exploiter les ouvrages. En effet, une mauvaise maîtrise des débits traités conduit à une perte de boues (qui sont le sous-produit mais également la matière active de l'épuration) avec l'effluent, les réglages de la teneur en boues dans le bassin d'aération et de l'aération elle-même sont délicats et, enfin, les coûts d'exploitation, à travers la facture d'énergie et la rémunération d'un personnel externe spécialisé, sont élevés.

Les filtres plantés de roseaux, en revanche, ont des atouts qui répondent parfaitement à ces spécificités. Ils sont compatibles avec des eaux diluées et très peu sensibles à des variations de débit des réseaux unitaires. L'évacuation des boues d'épuration, déjà en volumes moindres, se fait à des intervalles d'une dizaine d'années seulement et est donc parfaitement programmable. Leur exploitation est tout à fait accessible à du personnel formé mais non spécialisé. Les coûts d'exploitation sont donc faibles. Par ailleurs, la qualité de l'eau traitée, par le fait qu'il s'agit d'une filtration, est remarquablement constante car non sujet à des entraînements intempestifs de boues.

Il n'est donc pas étonnant que ce type de dispositif ait été adopté par les responsables des communes rurales. Ce sont d'ailleurs initialement des élus motivés qui se sont lancés dans

cette aventure, sans le soutien très fort, voire contre l'avis des institutions. Les filtres plantés de roseaux paraissent adaptés au contexte sociologique de ces collectivités : le fond agricole fait que le savoir-faire pour les exploiter est présent et que leur fonctionnement est compris (ou au moins on pense comprendre, même si la réalité est un peu plus compliquée).

Donc, c'est le bon sens des élus locaux qui explique la mode des filtres plantés.

L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse a favorisé tôt ces dispositifs. Elle a publié en 1999 un document visant à démystifier cette « filière verte », vue avec circonspection par les uns, portée aux nues par des autres. Elle a instauré, au cours de son 6^{ème} programme, un financement avantageux pour ces filières, mais ce dispositif, peu lisible pour les maîtres d'ouvrage, n'en est pas pour beaucoup dans l'envolée du nombre d'installations. Elle a financé et continue à financer des études appliquées réalisées par l'Université de Chambéry et le Cemagref de Lyon notamment. Elle met à la disposition des maîtres d'œuvre un « guide de recommandations » reflétant les « règles de l'art » d'aujourd'hui. Enfin, l'avant projet du SDAGE du bassin Rhône Méditerranée, aujourd'hui en cours de rédaction, contient des orientations explicites pour favoriser le recours à des dispositifs « rustiques ».

Devant cet enthousiasme, n'y a-t-il pas de zone d'ombre ? Si ! L'apparente simplicité du système contient sûrement un risque, celui de faire croire qu'une connaissance scientifique et un savoir-faire spécifique ne seraient pas nécessaires pour concevoir et réaliser les stations d'épuration de ce type. Même si le danger de voir discréditer la filière en soi est désormais écarté, les réalisations malheureuses peuvent encore, localement, faire du tort. C'est pourquoi l'Agence finance des « audits » de dispositifs dont la conception s'écarte des pratiques courantes. En fonction des résultats, les recommandations du guide cité seront adaptées pour intégrer les nouveaux concepts ou bien il sera demandé aux concepteurs d'apporter les modifications nécessaires à leurs dispositifs. C'est donc une politique de soutien à la technologie certes prudente, mais ouverte à son évolution.

Le financement des filtres plantés de roseaux, dispositifs quasi exclusivement réservés aux petites collectivités rurales, s'inscrit dans les objectifs du 9^{ème} programme d'Agence :

- la mise en conformité des systèmes d'assainissement existants, au titre de l'accompagnement des communes pour respecter les réglementations européenne et nationale ;
- la création des systèmes d'assainissement *ex nihilo*, au titre de la solidarité avec les collectivités rurales lorsque les Départements et l'Agence ont retenu cet objectif dans leurs contrats cadre bipartites.

Le taux de subvention est 30% du coût HT. Des coûts plafond peuvent être pratiqués, mais ils sont élevés.

L'Agence finance les ouvrages nécessaires pour faire face aux besoins actuels mais elle n'accompagne pas les communes dans leur développement démographique, considérant que le financement des équipements publics nécessaire à ce développement ne relève pas de la solidarité de bassin.



LES FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

Les filtres plantés de roseaux pour les petites unités

Arthur IWEMA
Agence de l'Eau RM&C

graiE



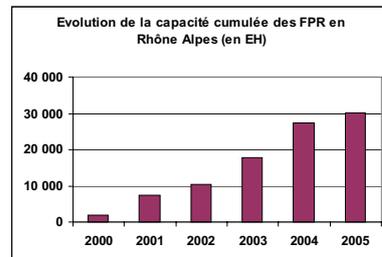
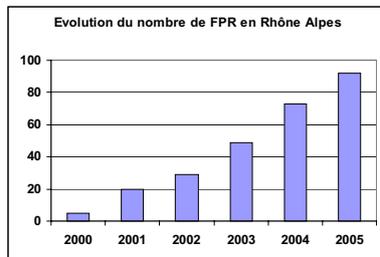
MARDI 24 ET MERCREDI 25 AVRIL 2007

Plan

LES JOURNÉES DE L'EAU DE L'ASSEMBLÉE DES PAYS DE SAVOIE

- Un peu d'épuration d'abord
- Pourquoi les filtres plantés
- Éléments de coût
- Préconisations
- Perspectives
- Financement par l'Agence

Les filtres plantés de roseaux : une mode ou le bon sens ?



Quelques mots sur l'épuration des eaux usées

- Objectifs de l'épuration
 - Réduire les rejets des matières consommables d'oxygène ;
 - Réduire les rejets de l'ammoniac (toxique) ;
 - Réduire les rejets fertilisants (azote et phosphate) ;
 - (Réduire les rejets de germes pathogènes).

Quelques mots sur l'épuration des eaux usées (suite)

- Moyens de l'épuration
 - Retenir par décantation ou filtration les matières en suspension ;
 - Oxyder biologiquement les matières organiques consommatrices d'oxygène ;
 - Transformer l'ammoniac en nitrate;
 - Transformer le nitrate en azote gazeux et retenir le phosphate par précipitation ;
 - (Tuer ou laisser mourir les germes pathogènes)

Quelques mots sur l'épuration des eaux usées (suite)

- Les configurations
 - Boues activées
 - Lits bactériens
 - Disques biologiques
 - Filtres plantés de roseaux
 - Lagunes

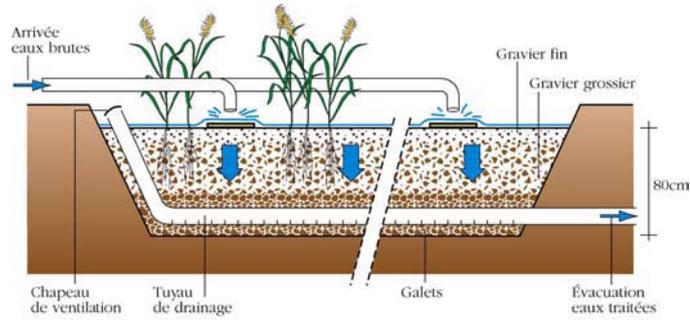
Quelques mots sur l'épuration des eaux usées (suite)

- Les conséquences de l'épuration
 - La production d'un sous-produit : les boues d'épuration ;
 - La fourniture d'oxygène pour les besoins de l'épuration ;
 - De l'eau propre

Les difficultés pour les petites unités

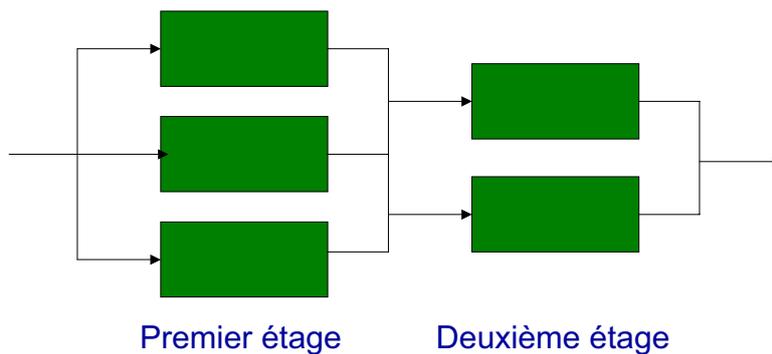
- La conception
 - Compatibilité avec les débits générés par les réseaux unitaires ou drainants ;
- L'exploitation
 - La gestion des boues d'épuration ;
 - Le pilotage du process (aération, teneur en boues).
- La gestion
 - La sous-traitance ou le regroupement

En quoi les FPR sont une solution ?



FILTRE VERTICAL : ALIMENTATION INTERMITTENTE AVEC AÉRATION PAR LA SURFACE

Principe de fonctionnement



Filtres en parallèle : alternance de repos et d'alimentation

Filtres en série : matières organiques d'abord, azote ensuite

Le rôle des plantes

- La conductivité hydraulique superficielle
- La conductivité hydraulique des massifs
- Les conditions de dégradation des boues
- Un milieu microbiologique plus riche

- Apport d'oxygène ?

- Absence exportation nutriments par les plantes
- Absence absorption de carbone

- Acceptabilité des installations

Les caractéristiques intéressantes des FPR

- La gestion des boues très simplifiée ;
- La compatibilité avec les réseau unitaires ;
- La compatibilité avec des eaux diluées ;
- La fiabilité du fonctionnement ;
- La qualité de l'eau traitée ;
- Les faibles coûts d'exploitation ;
- La possibilité d'une gestion en régie ;
- La bonne acceptation par le public.

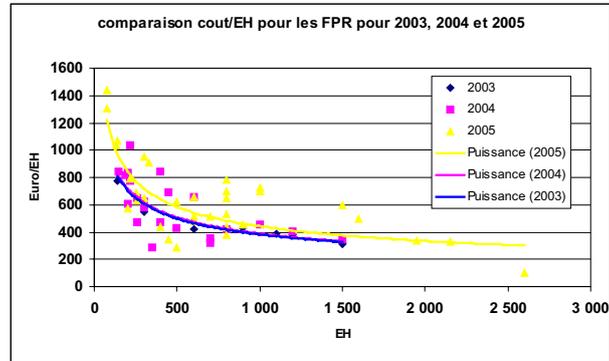
Les inconvénients des FPR

- .
- .
- .
- .
- .
- L'impossibilité d'une implantation en altitude (> 1000 m ?)
- L'apparente facilité de sa construction

Les filtres plantés de roseaux : une mode ou le bon sens ?

- Une solution « sociologiquement » adaptée au milieu rural
 - Compétences présentes
 - Compréhension du fonctionnement du système
- Une solution s'inscrivant dans le développement durable
 - Économe en énergie (aération)
 - Économe en matières (absence d'usure)

Les coûts d'investissement des FPR



Les coûts d'investissement des FPR (en €/EH)

| Capacité en EH | Filtres plantés | Boues activées |
|----------------|-----------------|----------------|
| 100 | 1000 | - |
| 200 | 800 | - |
| 500 | 600 | - |
| 1000 | 450 | 550 |
| 2000 | 350 | 450 |

Les coûts de fonctionnement des FPR (exemple de 250 EH)

| | |
|-----------------------------|------|
| Main d'oeuvre | 2252 |
| Consommable électricité | 283 |
| Consommable divers | 376 |
| Analyses | 412 |
| Fournitures administratives | 90 |
| Carburants | 111 |
| Prime d'assurance | 148 |
| Télécom | 30 |
| Total | 3469 |
| Total par EH | 14 |

Les orientations du SDAGE et de l'Agence

- Faut-il encore orienter ?
- Le SDAGE (version provisoire) recommande le recours à des solutions « rustiques » ;
- L'Agence avait une politique de financement favorable aux dispositifs rustiques (au cours du 6^{ème} programme 1992- 1996) ;
- L'Agence soutien la recherche appliquée et l'audit de procédés nouveaux.

Quelques préconisations techniques

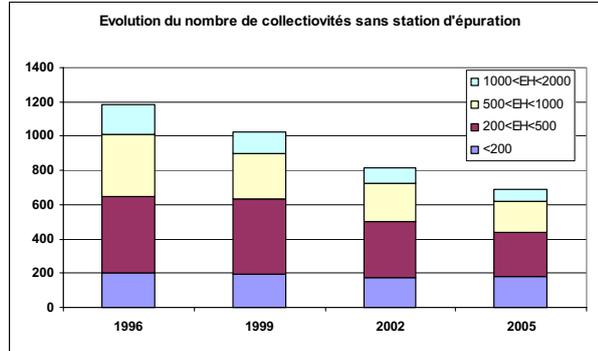
- Documents à destination de la maîtrise d'œuvre
 - Configurations classiques ;
 - Dimensions généreuses ;
 - Privilégier l'adaptation du FPR au conditionnement de fonctionnement du réseau ;
 - Dispositions pour évacuer les boues à prévoir ;
 - Infiltrer sous le deuxième étage ;
 - Ne pas surestimer l'intérêt de la dénitrification ;

Les perspectives techniques

- Audit de « nouveaux » procédés commercialisés
 - à surface limitée et ventilation renforcée
 - à écoulement horizontal
- Procédés expérimentaux
 - Sites en altitude
 - Nitrification/dénitrification
 - Déphosphatation
- Nouvelles applications
 - Eaux pluviales
 - Déversoirs d'orage
 - Assainissement non-collectif
 - (Traitement des boues)
 - (Traitement des matières de vidange)

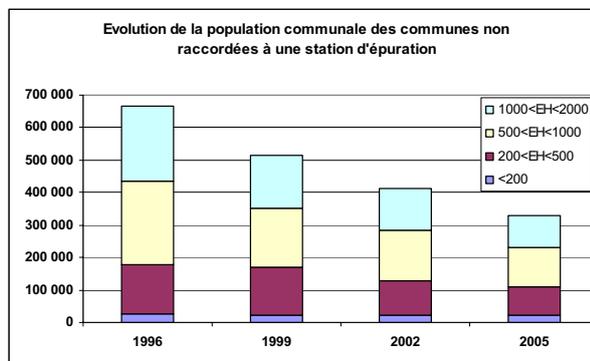
Les investissements à venir

Évolution des communes sans station d'épuration (RA)



Les investissements à venir

Évolution de la population communale des communes sans station d'épuration (RA)



Les investissements à venir dans la région RA

- Une réduction en 10 ans de :
 - 40 % des communes (- 490)
 - 50% de la population (-330 000)
- Il reste (pour les communes > 200 habitants) :
 - environ 500 communes
 - environ 300 000 habitants
- Pendant 2 programmes Agence (12 ans):
 - 40 communes/an à équiper,
 - 25 000 habitants/an à desservir

Les conditions de financement

- Un 9ème programme plus sélectif avec 3 objectifs opérationnels :
 1. Contribuer à l'atteinte de bon état des masses d'eau en 2015
 2. Accompagner la mise en conformité avec les réglementations européenne et nationale
 3. Contribuer à la solidarité avec les collectivités rurales
- Les projets de FPR peuvent être financés :
 - dans le cadre de l'objectif 2 pour les systèmes d'assainissement **existants** ;
 - selon les priorités dans le cadre de l'objectif 3 pour des **nouveaux** systèmes d'assainissement (si le CG et l'Agence ont retenu cet objectif comme prioritaire dans leur contrat).

Les conditions de financement

- L'Agence n'accompagne pas le développement démographique ;
- L'Agence finance le renouvellement uniquement pour les communes rurales ;
- Un coût plafond peut être pratiqué
 - 200 EH 960 €/EH
 - 400 EH 840 €/EH
 - 600 EH 744 €/EH
 - 800 EH 672 €/EH
 - 1000 EH 600 €/EH
- Taux de subvention unique de 30%
- Taux de subvention maximum exceptionnel de 50%

Conclusion

- Il reste beaucoup à faire
- Il ne faut pas se tromper de filière

Expériences en pays de Savoie Etat des lieux, recommandations et coûts

Pierre FRASSON,
Satese de la Savoie

Pascal VIGNAND,
Satese de la Haute-Savoie



LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

ETAT DES LIEUX EN PAYS DE SAVOIE

Pierre FRASSON
Satese de la Savoie

Pascal VIGNAND,
Satese de la Haute-Savoie

graie



MARDI 24 ET MERCREDI 25 AVRIL 2007

PLAN

- LOCALISATION
- LISTE DES LITS PLANTES DE ROSEAUX EN PAYS DE SAVOIE
- IMPLANTATION ET INTEGRATION PAYSAGERE
- PRECONISATIONS TECHNIQUES
- PERFORMANCES EPURATOIRES OBTENUES
- COUT D'INVESTISSEMENT ET D'ENTRETIEN
- RETOUR D'EXPERIENCE
- VARIANTES POSSIBLES

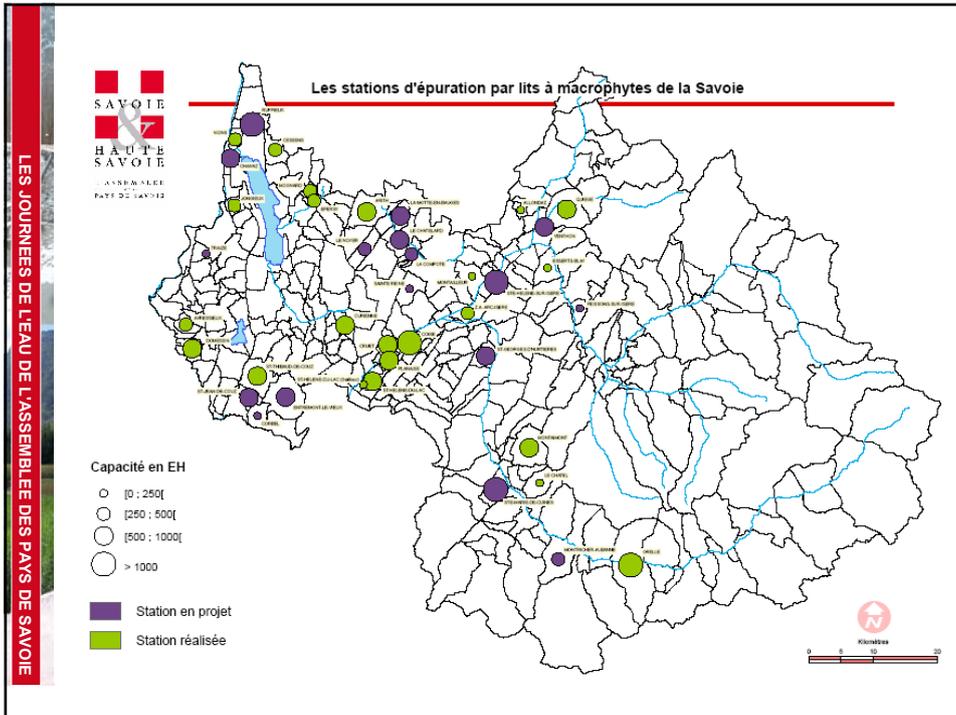
LES JOURNEES DE L'EAU DE L'ASSEMBLEE DES PAYS DE SAVOIE

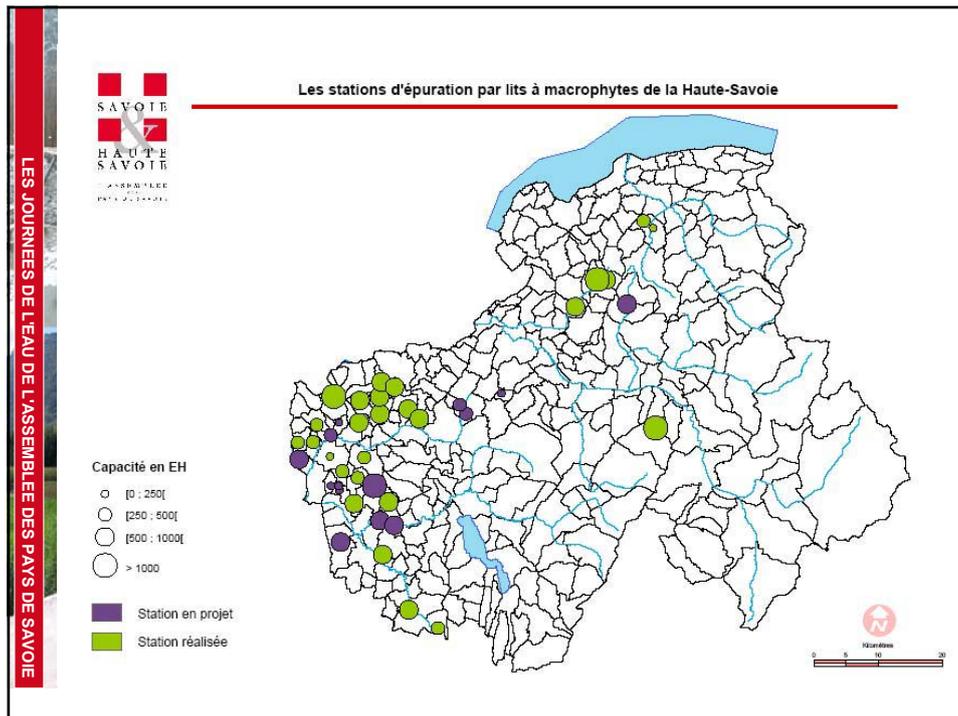


LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
 Une solution pour de petites unités
 d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

**LOCALISATION
 EN PAYS DE SAVOIE**








LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

INVENTAIRE ET CAPACITES




DEPARTEMENT DE LA SAVOIE

| NOMS | Capacité | observations | PROJET | Capacité |
|-----------------------------|----------|-------------------|---------------------------|----------|
| ALLONDAZ | 150 | 1 seul étage | CHANAZ | 500 |
| ARITH | 500 | | CORBEL | 220 |
| AVRESSIEUX | 300 | | ENTREMONT LE VIEUX (C.L.) | 700 |
| CESSENS | 250 | | FEISSONS /ISERE | 200 |
| COISE | 1250 | 1 seul étage | LA COMPOTE | 370 |
| CRUET | 700 | | LA MOTTE EN BAUGE | 500 |
| CURIENNE | 500 | | LE NOYER | 300 |
| DOMESSIN | 800 | 1 seul étage | MONTRICHER (LE BOCHET) | 250 |
| EPERSY | 250 | | RUFFIEUX | 1200 |
| ESSETS BLAY(ST THOMAS) | 200 | | ST GEORGES D'HURTIERES | 500 |
| JONGIEUX | 280 | | ST JEAN DE COUZ | 500 |
| LE CHATEL | 120 | 1 seul étage | STE HELENE SUR ISERE | 2500 |
| LE CHATELARD | 700 | | STE MARIE DE CUINES | 1300 |
| MOGNARD | 320 | | STE REINE | 120 |
| MONTAILLEUR(LA CHAGNE) | 100 | | TRAIZE | 170 |
| MONTAIMONT | 900 | 1 seul étage | | |
| ORELLE | 1200 | | | |
| PLANAISE | 500 | | | |
| QUEIGE | 500 | | | |
| ST THIBAUD DE COUZ | 800 | | | |
| STE HELENE DU LAC | 650 | seul étage+lagune | | |
| STE HELENE DU LAC (GALLOUX) | 80 | | | |
| VENTHON | 850 | | | |
| VIONS | 450 | | | |
| Z.A ARC ISERE | 350 | | | |

**SOIT 40
STATIONS
POUR 22 030 E.H**

DEPARTEMENT DE LA HAUTE SAVOIE

| NOMS | Capacité | Observations | PROJET | Capacité |
|-----------------------|----------|------------------------|--------------------|----------|
| ALLEVES | 250 | | BASSY | 500 |
| BOUSSY | 500 | | BURDIGNIN | 1000 |
| CERNEX | 500 | | CHAUMONT | 700 |
| CHALLONGES | 400 | | CHENEX | 615 |
| COPPONEX | 750 | | CHENE SUR SEMINE | 345 |
| CUSY(Meurat) | 750 | | CHESSNAZ | 200 |
| DESINGY | 240 | | CHILLY | 460 |
| HAUTEVILLE SUR FIER | 600 | | CLARAFOND (ARCINE) | 1000 |
| LA CHAPELLE RAMBAUD | 100 | | CLERMONT | 400 |
| LE REPOSOIR | 1200 | | CREMIGNY | 150 |
| MENTHONNEX / CLERMONT | 300 | 2 étages de traitement | BONNEGUETTE | 150 |
| MINZIER | 500 | | DROISY | 200 |
| ONNION (Jorat) | 300 | | ETERCY | 450 |
| ST ANDRE DE BOEGE | 630 | | HABERE-LULLIN | 700 |
| USINENS | 440 | | JONZIER | 600 |
| VAILLY(La Cote) | 350 | | MEGEVETTE | 600 |
| VAILLY(Lavouet) | 200 | | MOYE | 600 |
| VAULX | 300 | | SAVIGNY | 400 |
| VERSONNEX | 500 | | THUSY | 670 |
| | | | VANZY | 250 |
| | | | VERS | 750 |
| | | | VILLY LE BOUVERET | 450 |
| | | | VOVRAY EN BORNES | 250 |

**SOIT 42
STATIONS
POUR 20 250 E.H**



LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

IMPLANTATION ET INTEGRATION PAYSAGERE

graiE



IMPLANTATION ET INTEGRATION

LES JOURNEES DE L'EAU DE L'ASSEMBLEE DES PAYS DE SAVOIE

- **Les stations à FPR ne posent généralement pas de difficulté d'intégration :**
- **Absence de nuisances olfactives**
- **Intégration paysagère naturelle en période végétative**



EMPRISE AU SOL

- Au vu de l'extensivité du procédé, l'emprise foncière nécessaire peut être importante :
- Filtres à double étage (traitement niveau D4)
- Capacités importantes



Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

PRECONISATIONS TECHNIQUES

PRECONISATIONS TECHNIQUES

- ETUDE DE SOL ET UN BON COMPACTAGE
- ESSAIS D'ETANCHEITE
- DEGRILLEUR AUTOMATIQUE POUR PLUS DE 500 E.H.
- COMPTEUR DE BACHEE ET EAU POTABLE
- INOX POUR LES RAMPES D'AERATION
- CANAL DEBITMETRIQUE

ETUDE DE SOL ET COMPACTAGE



ESSAI D'ETANCHEITE



DEGRILLEUR AUTOMATIQUE POUR PLUS DE 500 E.H.



EAU POTABLE



COMPTEUR DE BACHEE



INOX POUR RAMPE D'ALIMENTATION



CANAL DE MESURE





LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
 Une solution pour de petites unités
 d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

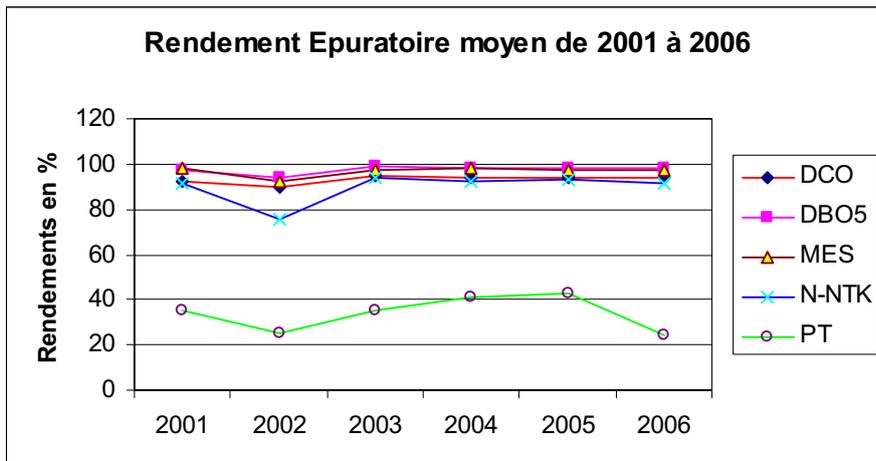
SUIVI ANALYTIQUE

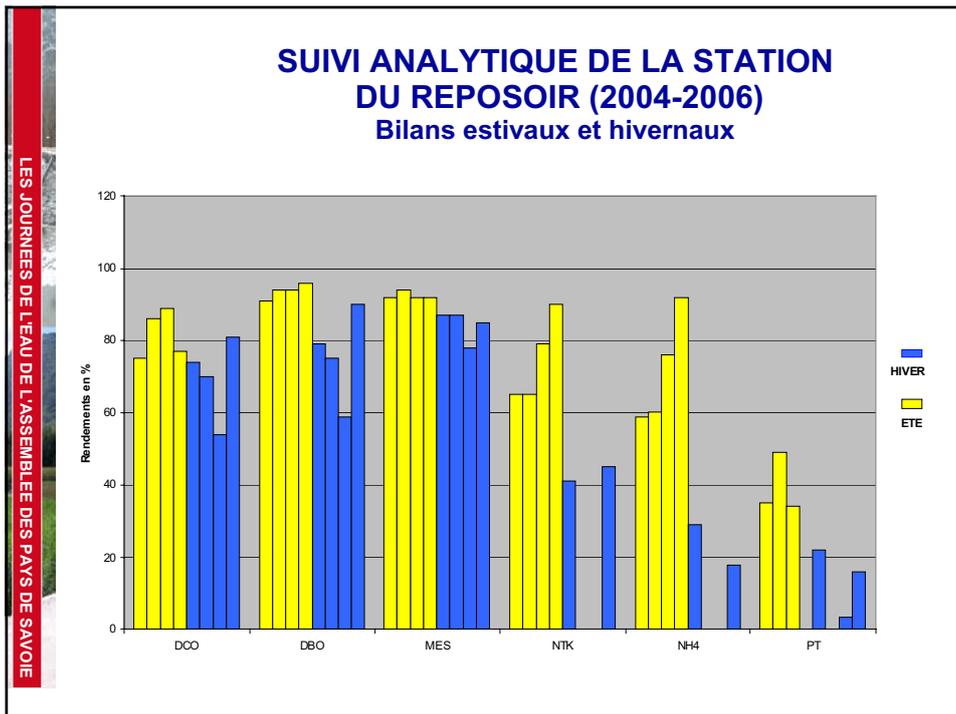


SUIVI ANALYTIQUE DE LA STATION D'ALLEVES (2001-2006)

LES JOURNEES DE L'EAU DE L'ASSEMBLEE DES PAYS DE SAVOIE

Rendement Epuratoire moyen de 2001 à 2006





SUIVI ANALYTIQUE

- RESULTATS EXCELLENTS SAUF POUR LE PHOSPHORE
- BAISSSE EN PERIODE FROIDE SURTOUT POUR L'AZOTE
- LE DEUXIEME ETAGE PERMET DE TRAITER L'AZOTE



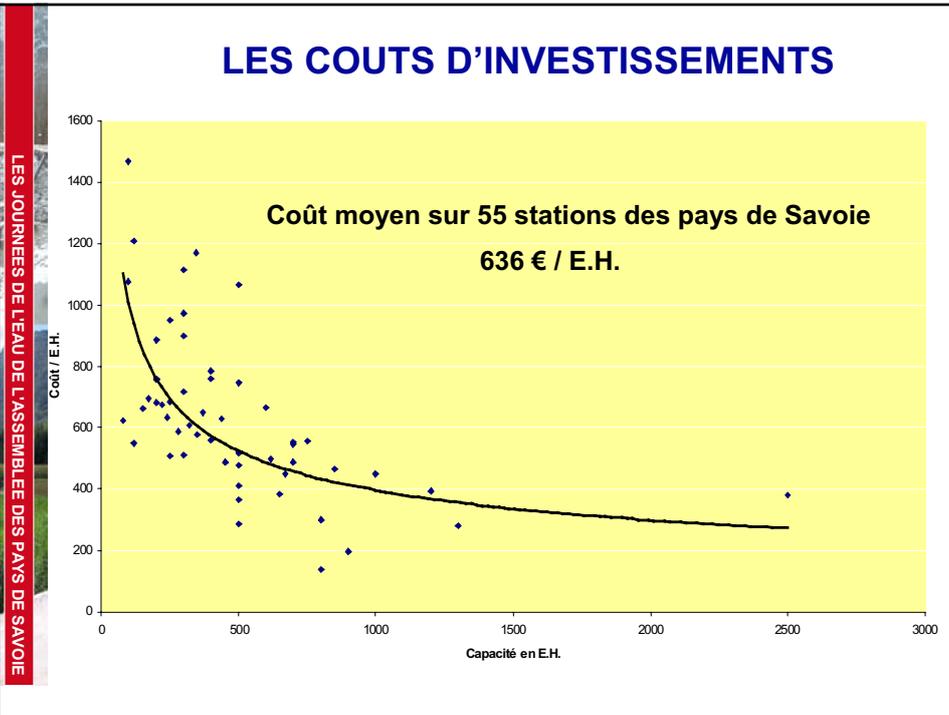
LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
 Une solution pour de petites unités
 d'assainissement

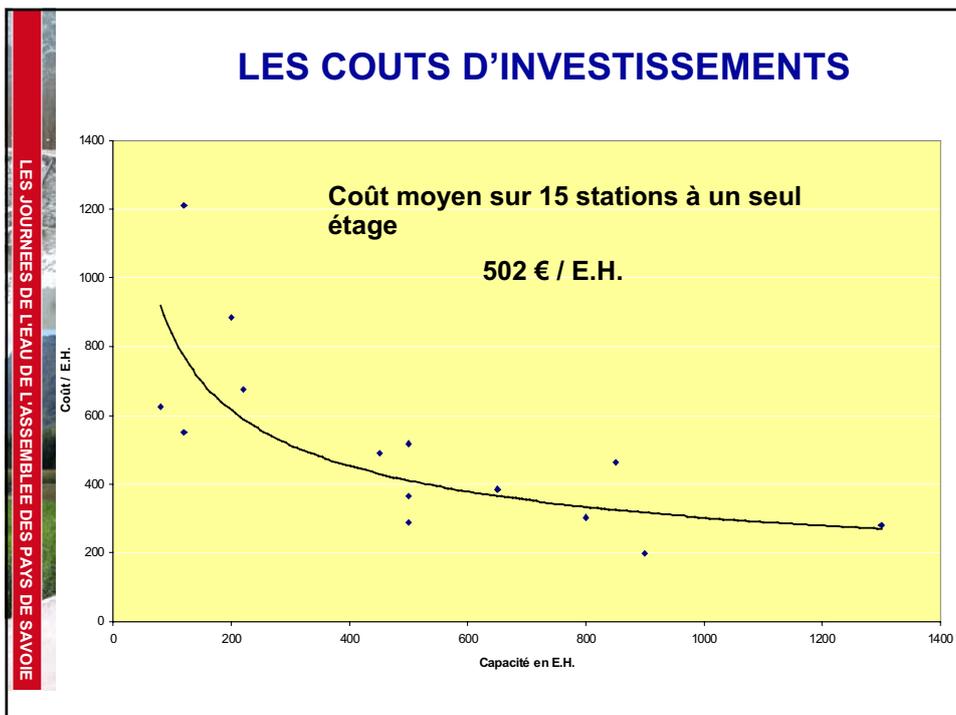
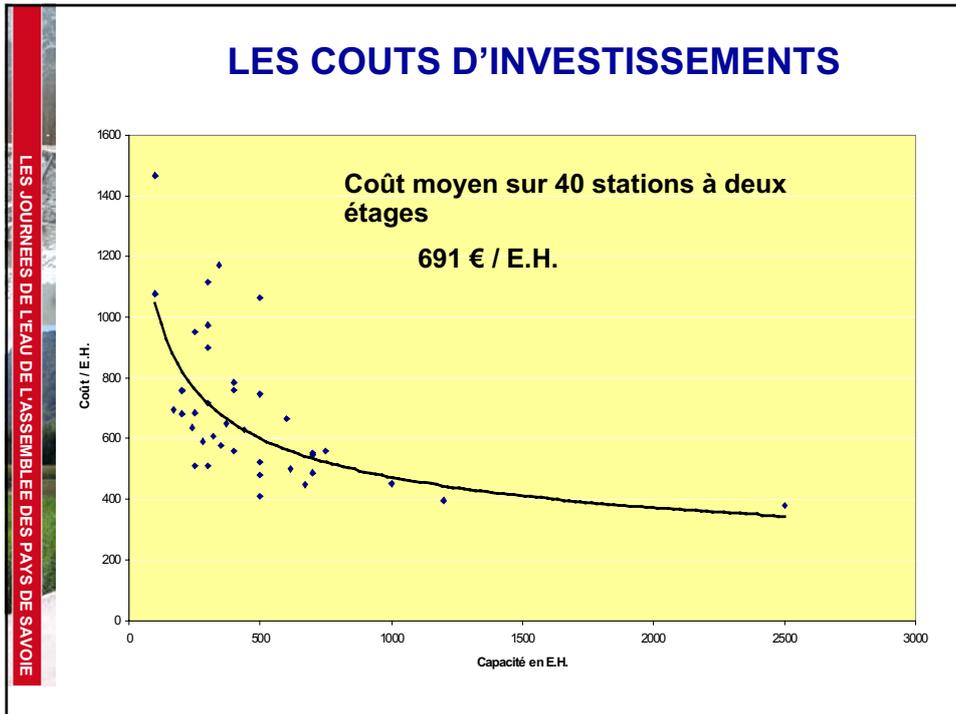
Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

**COUT DE FONCTIONNEMENT
 ET INVESTISSEMENT**



LES COUTS D'INVESTISSEMENTS





LES COUTS MOYENS D'INVESTISSEMENTS PAR CLASSE DE CAPACITE

- ≤ 0 E.H – 250 E.H. < 16 STATIONS → 802/E.H. €
- ≤ 250-500 < 15 STATIONS → 735 €/E.H.
- ≤ 500 –1000 < 13 STATIONS → 438 €/E.H.
- SUP A 1000 E.H. 3 STATIONS → 352 €/E.H.

LES COUTS MOYENS D'INVESTISSEMENTS PAR EQUIVALENT HABITANT

| | INVESTISSEMENT | | |
|-----------------------|----------------|-----------|------------|
| | <500E.H. | < 500E.H. | <1000 E.H. |
| BOUES ACTIVEES | | 750 € | 500 € |
| LIT BACTERIEN | 720 € | 360 € | 250 € |
| DISQUES BIOLOGIQUES | 540 € | 420 € | 280 € |
| LAGUNAGE NATUREL | 600 € | 250 € | 150€ |
| LIT PLANTE DE ROSEAUX | 768 € | 438 € | 352 € |

LES COÛTS DE FONCTIONNEMENT (hors amortissement) EXEMPLE DE ALLEVES 74

- SOIT 15 € ANNUELS PAR EQUIVALENT HABITANT
- 2.5 % DU COÛT D'INVESTISSEMENT

| | FONCTIONNEMENT |
|-----------------------|----------------|
| BOUES ACTIVEES | 14 à 60 € |
| LIT BACTERIEN | 7 à 12 € |
| DISQUES BIOLOGIQUES | 7 à 12 € |
| LAGUNAGE NATUREL | 5 à 10 € |
| LIT PLANTE DE ROSEAUX | 9 à 20 € |



LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

RETOUR D'EXPERIENCE

RETOUR D'EXPERIENCE

ENLEVER LES PLANTES ENVAHISSANTES

CHOISIR LA PERIODE DE PLANTATION DES ROSEAUX

**LORSQUE LE TAUX DE RACCORDEMENT EST FAIBLE UN
APPORT D'EAU EXTERIEUR EST A PREVOIR EN ETE**

AUCUN REcul SUR LA PRODUCTION DE BOUE

**ATTENTION A LA FILIERE D'ELIMINATION DES ROSEAUX,
VOLUME IMPORTANT**

ACCEPTTE ENVIRON 50% D'EAUX PARASITES

ENLEVER LES PLANTES ENVAHISSANTES (1/3)



ENLEVER LES PLANTES ENVAHISSANTES (2/3)



ENLEVER LES PLANTES ENVAHISSANTES (3/3)



CHOISIR LA PERIODE DE PLANTATION DES ROSEAUX



LES JOURNEES DE L'EAU DE L'ASSEMBLEE DES PAYS DE SAVOIE

**LORSQUE LE TAUX DE RACCORDEMENT EST FAIBLE UN
APPORT D'EAU EXTERIEUR EST A PREVOIR EN ETE**

AUCUN REcul SUR LA PRODUCTION DE BOUE

LES JOURNEES DE L'EAU DE L'ASSEMBLEE DES PAYS DE SAVOIE

FILIERE D'ELIMINATION DES ROSEAUX



ACCEPTE ENVIRON 50% D'EAUX PARASITES





LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX
Une solution pour de petites unités
d'assainissement

Les Journées de l'eau de l'Assemblée des Pays de Savoie

VARIANTES POSSIBLES



VARIANTES POSSIBLES

UN SEUL ETAGE

TRANCHEE DE DISSIPATION

INFILTRATION DANS LE DEUXIEME ETAGE

RECIRCULATION

TRAITEMENT DES BOUES

LIT PLANTE D'ARBRE

AMELIORATION ARTIFICIELLE DE L'AERATION

UN SEUL ETAGE



TRANCHEE DE DISSIPATION



VARIANTES POSSIBLES

INFILTRATION DANS LE DEUXIEME ETAGE

RECIRCULATION

TRAITEMENT DES BOUES

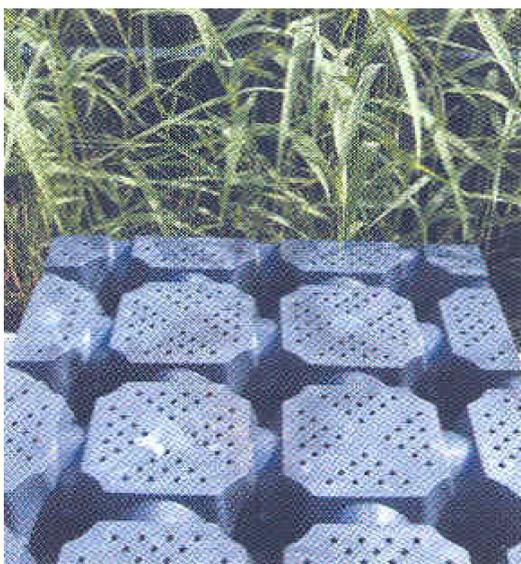
LIT PLANTE D'ARBRES



AMELIORATION ARTIFICIELLE DE L'AERATION



AMELIORATION ARTIFICIELLE DE L'AERATION



LES COÛTS DE FONCTIONNEMENT EXEMPLE D' ALLEVES (74)

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Main d'œuvre | 2 130 € | 2 085 € | 1 994 € | 2 800 € | 2 752 € | 2 903 € |
| Elimination des refus dégrillage | | | | | 174 € | 121 € |
| Elimination des déchets verts | | | | | 45 € | 49 € |
| Consommation électrique | 241 € | 245 € | 349 € | 296 € | 253 € | 308 € |
| Consommables divers | 127 € | 625 € | | | | |
| Analyses réglementaires | 420 € | 420 € | 619 € | 190 € | 163 € | 163 € |
| Fournitures administratives | 90 € | | | 90 € | 90 € | 90 € |
| Carburants | 108 € | 108 € | 108 € | 120 E | 130 € | 150 € |
| Primes d'assurance | 142 € | 150 € | 150 € | 150 € | 150 € | 150 € |
| Frais de télécommunication | 30 € | 30 € | 30 € | 30 € | 30 € | 30 € |
| Amortissement | 2403 € | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € |
| TOTAL | 5 691 € | 6 066 € | 5 653 € | 6 079 € | 6 190 € | 6 367 € |

LES REGLES DE FINANCEMENT DU CONSEIL GENERAL DE LA SAVOIE

Uniquement les communes rurales

Taux 10/25% de la collectivité sur le H.T.

Majoration du taux pour les collectivités

moins de 5 000 habitants DGF

Taux modulé x1.2 si $0.7\text{€} \leq P < 0.9 \text{€}$

Taux modulé x 1.4 si $0.9 \text{€} \leq P < 0.9 \text{€}$

Taux modulé x 1.6 si $P \geq 1.1 \text{€}$

• plus de 5000 habitants DGF

Taux modulé x 1.4 si $P \geq 1.1 \text{€}$

10% de majoration pour les syndicats intégraux

LES REGLES DE FINANCEMENT DU CONSEIL GENERAL DE LA SAVOIE

Conditions

Tarification binôme et prix du service = 0.6 €/m³

Adoption d'un schéma directeur

Subventions soldées sur présentation des procès verbaux des contrôles
de qualité

Pour les stations avis du S.A.T.E.S.E.

SUIVI ANALYTIQUE DE LA STATION DU REPOSOIR (2004-2006)

Rendement 1er filtre

Bilans hivernaux

| Paramètre/date | DCO (%) | DBO5 (%) | MES (%) | NTK (%) | NH4+ (%) | P Total (%) |
|----------------|---------|----------|---------|---------|----------|-------------|
| 20-21/12/04 | 60,08 | 60,87 | 77,40 | 19,53 | 4,40 | 7,53 |
| 21-22/12/04 | 63,04 | 57,93 | 97,61 | 8,76 | 3,65 | 4,60 |
| 21-22/02/06 | 77,74 | 88,47 | 83,5 | 38,32 | 21,81 | 16,59 |

Bilans estivaux

| | | | | | | |
|-------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 15-16/06/05 | 64,4 | 72,9 | 83,8 | 48,2 | 43,2 | 31 |
| 4-5/08/05 | 68,4 | 84,6 | 78,1 | 50,4 | 46,8 | 35,9 |
| 18-19/07/06 | 71,6 | 77,4 | 28,4 | 47,67 | 49,15 | 34,02 |
| 30-31/08/06 | 67,8 | 64,4 | 84,8 | 64,1 | 61,7 | 12,2 |

Rendement 2è filtre

Bilans hivernaux

| | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20-21/12/04 | 34,34 | 46,30 | 42,11 | 26,47 | 26,00 | 15,12 |
| 21-22/12/04 | 17,65 | 39,34 | | | | |
| 21-22/02/06 | 14,29 | 10 | 9,09 | 10,58 | -4,35 | -1,24 |

Bilans estivaux

| | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 15-16/06/05 | 29,4 | 66,7 | 52 | 31,5 | 28 | 5,25 |
| 4-5/08/05 | 54,2 | 58 | 73 | 30 | 24,3 | 20,26 |
| 18-19/07/06 | 59,91 | 74,32 | 88,68 | 60,17 | 53,36 | -0,47 |
| 30-31/08/06 | 28,6 | 87,9 | 45,5 | 71,1 | 78 | -25,8 |

SUIVI ANALYTIQUE DE LA STATION DU REPOSOIR (2004-2006)

Rendement global

Bilans hivernaux

| | | | | | | |
|-------------|----|----|----|----|----|-----|
| 20-21/12/04 | 74 | 79 | 87 | 41 | 29 | 22 |
| 21-22/12/04 | 70 | 75 | 87 | | | |
| 9-10/02/05 | 54 | 59 | 78 | | | 3,5 |
| 21-22/02/06 | 81 | 90 | 85 | 45 | 18 | 16 |

Bilans estivaux

| | | | | | | |
|-------------|----|----|----|----|----|-----|
| 15-16/06/05 | 75 | 91 | 92 | 65 | 59 | 35 |
| 4-5/08/05 | 86 | 94 | 94 | 65 | 60 | 49 |
| 18-19/07/06 | 89 | 94 | 92 | 79 | 76 | 34 |
| 30-31/08/06 | 77 | 96 | 92 | 90 | 92 | -10 |

SUIVI ANALYTIQUE DE LA STATION QUEIGE 73 (2002-2006)

| ENTREE | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|----------|----------|------|-------------|------|----------|------|
| date | DCO(mg/l) | DBO(mg/l) | MES(mg/l) | NK(mg/l) | N-NH4(mg/l) | Pt(mg/l) | | | | | | |
| 25/04/2002 | 660 | 305 | 110 | 75,7 | 64,4 | 9,3 | | | | | | |
| 08/08/2002 | 424 | 215 | 130 | 62,6 | 50 | 9,6 | | | | | | |
| 13/01/2003 | 502 | 240 | 190 | 65,6 | 48,2 | 12,4 | | | | | | |
| 23/06/2003 | 791 | 320 | 310 | 76,4 | 52,2 | 18 | | | | | | |
| 05/11/2003 | 855 | 400 | 340 | 53,8 | 34,6 | 20,6 | | | | | | |
| 05/04/2004 | 1250 | 560 | 580 | 103 | 58,8 | 25,9 | | | | | | |
| 29/06/2004 | 1210 | 530 | 270 | 126 | 94,2 | 16,9 | | | | | | |
| 20/04/2005 | 930 | 420 | 228 | 71 | 49 | 12,4 | | | | | | |
| 13/11/2005 | 860 | 420 | 310 | 156 | 121,3 | 19 | | | | | | |
| 19/04/2006 | 860 | 310 | 310 | 122 | | 15,3 | | | | | | |
| 02/08/2006 | 840 | 400 | 220 | 56,7 | 63,5 | 8,44 | | | | | | |
| SORTIE PREMIER ETAGE | | | | | | | | | | | | |
| date | DCO(mg/l) | REND | DBO(mg/l) | REND | MES(mg/l) | REND | NK(mg/l) | REND | N-NH4(mg/l) | REND | Pt(mg/l) | REND |
| 25/04/2002 | 89 | 87% | 20 | 93% | 24 | 78% | 23,1 | 70% | 13,8 | 74% | 7,7 | 17% |
| 08/08/2002 | 65 | 85% | 11 | 95% | 6 | 95% | 15,5 | 75% | 12,9 | 74% | 8% | 14% |
| 13/01/2003 | 205 | 59% | 81 | 66% | 37 | 81% | 41,5 | 37% | 30,9 | 36% | 2,33 | 37% |
| 23/06/2003 | 178 | 77% | 51 | 84% | 87 | 72% | 34,4 | 55% | 27,7 | 47% | 9,8 | 46% |
| 05/11/2003 | 104 | 88% | 35 | 91% | 24 | 93% | 16,9 | 69% | 13,8 | 60% | 7,8 | 62% |
| 05/04/2004 | 136 | 89% | 42 | 93% | 42 | 93% | 29,2 | 72% | 23,6 | 60% | 10,3 | 60% |
| 29/06/2004 | 192 | 84% | 79 | 85% | 100 | 63% | 31,8 | 75% | 22,7 | 76% | 12,1 | 28% |
| 20/04/2005 | 124 | 87% | 48 | 89% | 31 | 86% | 37,8 | 47% | 31,2 | 36% | 6,97 | 44% |
| 13/11/2005 | 189 | 78% | 70 | 83% | 51 | 84% | 60,3 | 61% | 51,3 | 58% | 11,3 | 41% |
| 19/04/2006 | 210 | 76% | 47 | 85% | 51 | 84% | 61,9 | 49% | | | 10,5 | 31% |
| 02/08/2006 | 87 | 90% | 29 | 93% | 33 | 85% | 22,6 | 60% | 21,9 | 66% | 9,33 | -11% |

SUIVI ANALYTIQUE DE LA STATION QUEIGE 73 (2002-2006)

| SORTIE GLOBALE | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|----------|------|-------------|------|----------|------|
| date | DCO(mg/l) | REND | DBO(mg/l) | REND | MES(mg/l) | REND | NK(mg/l) | REND | N-NH4(mg/l) | REND | Pt(mg/l) | REND |
| 25/04/2002 | | | | | | | | | | | | |
| 08/08/2002 | | | | | | | | | | | | |
| 13/01/2003 | 21 | 96% | <5 | 98% | 2 | 99% | 3 | 95% | 2,33 | 95% | 7,8 | 79% |
| 23/06/2003 | | | | | | | | | | | | |
| 05/11/2003 | 16 | 98% | 1,9 | 100% | 2 | 99% | 1,7 | 97% | 0,55 | 98% | 2,9 | 86% |
| 05/04/2004 | 76 | 94% | 19 | 97% | 19 | 97% | 12,5 | 88% | 12,2 | 79% | 8,1 | 69% |
| 29/06/2004 | 164 | 86% | 63 | 88% | 67 | 75% | 26,2 | 79% | 17,5 | 81% | 11,3 | 33% |
| 20/04/2005 | 15 | 98% | 5,2 | 99% | 3 | 99% | 6,33 | 91% | 6,8 | 86% | 5,33 | 57% |
| 13/11/2005 | 137 | 84% | 48 | 89% | 36 | 88% | 41 | 74% | 33,4 | 72% | 10,3 | 46% |
| 19/04/2006 | 37 | 96% | 6 | 98% | 3,4 | 99% | 10,8 | 91% | | | 10,5 | 31% |
| 02/08/2006 | 38 | 95% | 6 | 99% | 8,4 | 96% | 2,37 | 96% | 0,34 | 99% | 9,81 | -16% |

Annexes

Présentation des stations visitées

- Curienne
- Cruet
- Cusy
- Allèves

La station d'épuration à lits à macrophytes de Curienne

PRESENTATION



- Capacité de traitement : de 500 EH (EH = Equivalent Habitant)
- Niveau de traitement atteint : D4 (au sens de la circulaire du 17 février 1997)
- Surface totale de bassins : 2 000 m²
- Surface de bassins en fonctionnement : près de 1 300 m² (soit 2,5 m²/EH)
- Coût de l'investissement en 1994 : 220 € HT/EH (hors aspects expérimentaux)

- Physionomie de la station : 3 étages
 - 1^{er} étage à écoulement semi vertical divisé en 5 casiers dont un non planté alimenté en continu (pas de bâchées) (5 x 40 m² soit 200 m² de bassins)
 - 2^{ème} étage à écoulement horizontal (1 bassin de 600 m²)
 - 3^{ème} étage à écoulement horizontal (1 bassin de 500 m²)

Un étage supplémentaire à écoulement horizontal de 650 m² n'est pas utilisé

- Plusieurs plantes aquatiques ont été plantées au démarrage de la station :
 - Phragmites
 - Phalaris
 - Scirpes (ont pratiquement disparu au profit des 3 autres espèces)
 - Typhas (ont migré du premier étage vers la sortie de station)

Sols imperméables, d'où une étanchéité naturelle par compactage de l'argile en place.

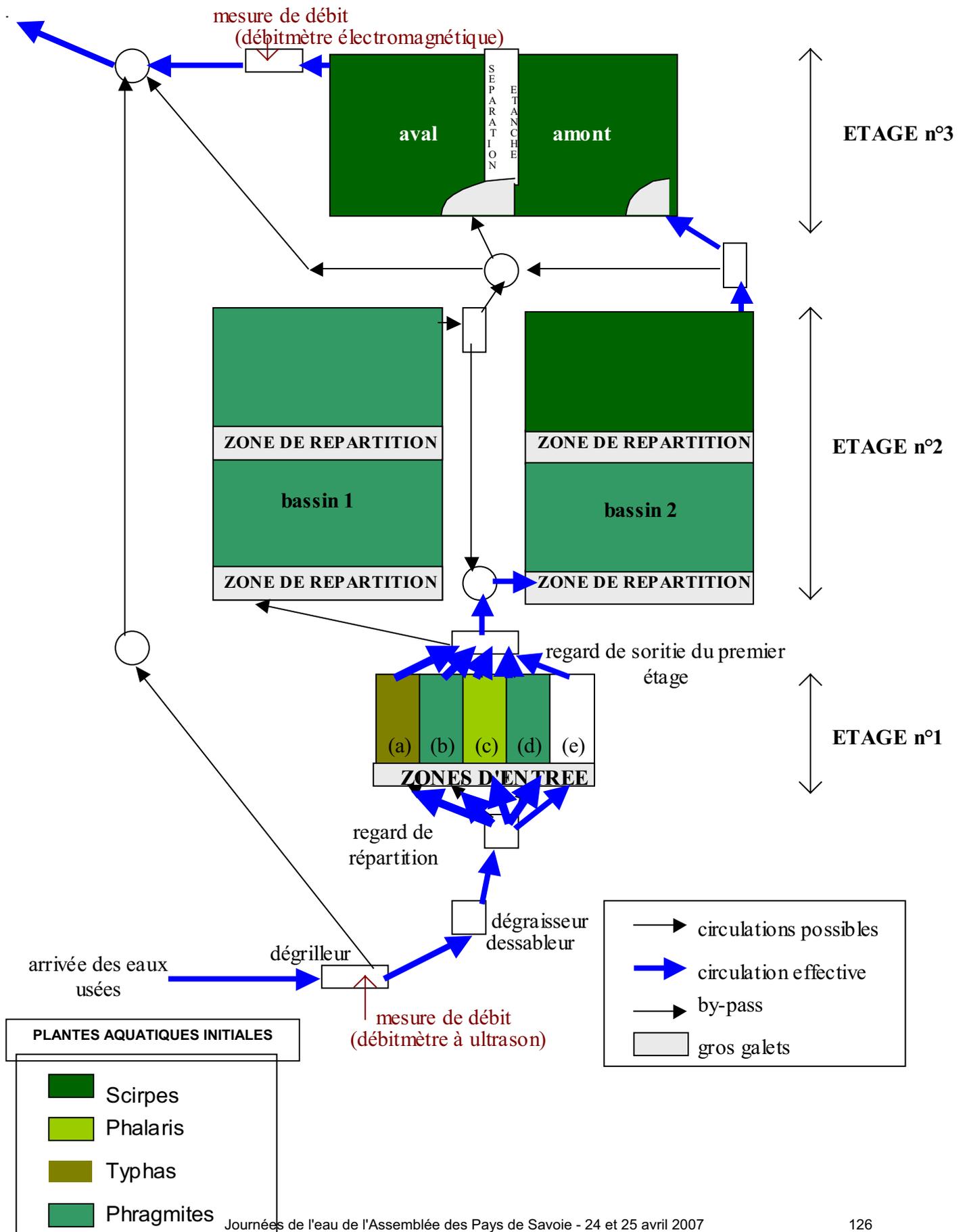
- Coût d'exploitation 2005 : une moyenne de 1 à 2 heures hebdomadaire de travail pour l'employé communal et un coût total annuel de fonctionnement hors prime à l'épuration de l'ordre de 2 800,00 €.

- Il est possible de visiter la station de Curienne. Il vous suffit pour cela de nous contacter. Nous réalisons également des études de faisabilité pour les communes intéressées et assistons les maîtres d'œuvre pour la conception et la construction d'installations.

- Conception de l'installation : L.O.C.I.E. Université de Savoie (professeur Gérard Blake) et DDAF de la Savoie

- Maîtrise d'œuvre de la station de Curienne : DDAF de la Savoie, 83 avenue de Lyon - 73 000 Chambéry

SCHEMA DE PRINCIPE



HISTORIQUE

En 1989, le projet de station d'épuration expérimentale fonctionnant avec des macrophytes naît de la rencontre de deux volontés :

- celle du Conseil Municipal de Curienne de préserver et d'améliorer la qualité de l'environnement tout en se dotant d'un équipement efficace et expérimental, support de pédagogie à l'environnement,
- celle du Laboratoire d'Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (L.O.C.I.E.) de l'Université de Savoie, dirigé par le professeur Gérard BLAKE de mettre en oeuvre une expérimentation de terrain grandeur nature.

A partir de 1990, la D.D.A.F. de Savoie, maître d'œuvre délégué par la Commune, étudie l'ensemble du projet, en relation avec le laboratoire OCIE, et les responsables communaux. Le choix du site est arrêté, et les dossiers de demande de financements extérieurs déposés auprès des partenaires publics.

En 1992, le Conseil Général de la Savoie et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse apportent leur contribution au financement du projet. Les travaux de la première tranche du réseau d'eaux usées sont engagés.

En 1993, l'entreprise Berthouly T.P. est choisie pour la construction de la station d'épuration. Elle possède une licence de savoir-faire pour ce type d'ouvrage. Parallèlement, une convention de partenariat est signée en décembre 1993 entre la commune et l'association DEFIE, Département Environnement Formation Innovation Emploi. Cette convention définit les engagements réciproques suivant :

- l'association DEFIE qui exploite le procédé d'épuration dit "à lits à macrophytes", mis au point par le professeur Gérard Blake de l'Université de Savoie, s'engage à en faire bénéficier Curienne.
- La Commune quant à elle, s'engage à mettre à disposition de DEFIE la station d'épuration pilote comme terrain de recherche et d'expérimentation, ainsi que les locaux techniques nécessaires.

En 1994, après 6 mois de travaux de terrassement, la station d'épuration est mise en eau en juillet.

Depuis novembre 1994, une convention signée entre la commune de Curienne, EDF GDF Services Savoie et l'association Savoie Vivante, Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement des Pays de Savoie, permet de mettre à disposition du site un ingénieur en environnement qui assure le suivi technique de la station d'épuration, l'accueil de nombreux élus souhaitant s'informer sur ce procédé original d'épuration, et la mise en place d'actions pédagogiques autour du traitement de l'eau.

Depuis 1998, la station d'épuration de Curienne fait l'objet d'un suivi expérimental poussé, financé par l'Agence de l'Eau R.M.C.

Depuis 2000, l'ensemble des partenaires (commune de Curienne, association Savoie Vivante C.P.I.E. des Pays de Savoie, association DEFIE, Laboratoire O.C.I.E. de l'Université de Savoie, EDF GDF SERVICES SAVOIE) aidés par le CISALB (Comité InterSyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget) travaillent sur un projet de Plate-forme des Biotechnologies liées à la Gestion de l'eau, s'inscrivant dans le projet Grand Lac autour du Lac du Bourget, et qui prendrait place à proximité du site de la station d'épuration.

En 2004, l'association DEFIE obtient la validation du procédé de filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux vinicoles après plusieurs années d'essais sur pilote à Curienne puis sur une installation grandeur nature chez un viticulteur de Villié Morgon.

Les expérimentations se poursuivent en lien avec le L.O.C.I.E. dans le but d'optimiser en

permanence le procédé d'épuration et de l'adapter à d'autres types d'effluents que les eaux usées domestiques (eaux pluviales, HAP, eaux vinicoles, ...)

Au 1^{er} janvier 2006, la commune de Curienne intègre la communauté d'agglomération CHAMBERY METROPOLE. CHAMBERY METROPOLE devient gestionnaire de la station d'épuration de Curienne et une convention est signée avec DEFIE pour poursuivre les actions menées depuis 1994 (accueil pédagogique, expérimentations, visites techniques, ...).

En mars 2006, l'association DEFIE reprend à sa charge le poste de chargé de mission environnement en place sur la station de Curienne et jusqu'alors employé par Savoie Vivante.



PERFORMANCES

Dimensionnement : 500 équivalents - habitants

Date de mise en route : automne 1994

Rendements d'épuration :

prélèvement effectués par :

| | | DEFIE | DEFIE | DEFIE | DEFIE | DEFIE | SATESE | SATESE | SATESE | SATESE |
|--|--------|----------|----------|----------|----------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Date | | oct-99 | oct-00 | avr-01 | juin-02 | janv-03 | avr-04 | nov-05 | juin-06 | janv-07 |
| Population raccordée (en éq.habitants) | | 300 | 380 | 400 | 450 | 450 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Surface utilisée (en m ² /habitant) | | 4,08 | 3,22 | 3,06 | 2,72 | 2,72 | 2,45 | 2,45 | 2,45 | 2,45 |
| Matières En Suspension (en mg/l) | Entrée | 330 | 315 | 560 | 1100 | 180 | 80 | 410 | 340 | 220 |
| | Sortie | 3 | 3 | 20 | 26 | 9 | 13 | 3,8 | 20 | 10 |
| | Rdmt | 99,09% | 99,05% | 97,00% | 98,00% | 95,00% | 83,75% | 99,07% | 94,12% | 95,45% |
| DCO (en mg/l) | Entrée | 831 | 900 | 1100 | 900 | 584 | 306 | 1290 | 870 | 1060 |
| | Sortie | 35 | 29 | 43 | 48 | 71 | 63 | 58 | 50 | 30 |
| | Rdmt | 97,00% | 97,00% | 97,00% | 99,00% | 90,00% | 79,41% | 95,50% | 94,25% | 97,17% |
| DBO5 (en mg/l) | Entrée | 300 | 430 | 420 | 460 | 355 | 150 | 620 | 430 | 580 |
| | Sortie | 16 | <10 | 11 | 8 | 24 | 9 | 6 | 10 | 9 |
| | Rdmt | 96,00% | 98,00% | 98,00% | 99,00% | 93,00% | 94,00% | 99,03% | 97,67% | 98,45% |
| Phosphore Total (en mg/l) | Entrée | 8,7 | 19 | 14,4 | 15,4 | 15 | | | | 22,9 |
| | Sortie | 2,6 | 4,1 | 3,3 | 6,2 | 3 | 6,3 | 7,93 | 7,33 | 8,8 |
| | Rdmt | 76,00% | 82,00% | 80,00% | 71,00% | 80,00% | | | | 61,57% |
| Azote Kjeldahl (NKT) (en mg/l) | Entrée | 73 | 64 | 65 | 86,5 | 75 | | | | 60,3 |
| | Sortie | 25 | 31 | 20 | 41,9 | 31,7 | 38,1 | 52,5 | 55,7 | 49,6 |
| | Rdmt | 73,00% | 59,00% | 73,00% | 65,00% | 58,00% | | | | 17,74% |
| BACTERIOLOGIE Eschérichia Coli (en quantité/100 mL) | Entrée | 1,1x10E7 | 6,9x10E6 | 4x10E6 | 1,8x10E8 | | | | | |
| | Sortie | 1,7x10E5 | 5,5x10E4 | 4x10E4 | 2,6x10E5 | | | | | |
| | Rdmt | 98,48% | 99,21% | 99,00% | 99,86% | | | | | |
| BACTERIOLOGIE Entérocoques (en quantité/100 mL) | Entrée | 6,5x10E6 | 2,7x10E6 | 6,8x10E6 | 1,3x10E7 | | | | | |
| | Sortie | 9,5x10E3 | 3x10E3 | 1,2x10E4 | 3,2x10E4 | | | | | |
| | Rdmt | 99,85% | 99,99% | 99,82% | 99,75% | | | | | |

Normes (sur échantillon moyen sur 24 heures) : d'après circulaire du 17 février 1997

Niveau D1 : MES : rdt \square 50% DBO5 : rdt \square 30%
: rdt \square 60%

Niveau D3 : DCO : rdt \square 60% NKT

Niveau D2 : DBO5 \square 35 mg/L

Niveau D4 : DBO5 \square 25 mg/L

DCO \square 125 mg/L

N.B. : - Analyses Entrée-Sortie réalisées sur un échantillon moyen sur 24 heures par Savoie-Labo, organisme agréé.

- Les rendements d'épuration annoncés sont effectués sur les charges (en tenant compte des débits d'entrée et de sortie au moment des analyses.

COUT D'INVESTISSEMENT

| | Coûts de la construction de la station d'épuration | Coûts dûs au caractère expérimental du site | Partenaires |
|---|--|---|--|
| Terrassement des bassins, canalisations, regards et évacuations | 600 000 FHT | 93 300 FHT | Berthouly |
| Plantes aquatiques | 15 000 FHT (partenariat)+ 25 000 FHT | 20 000 FHT (partenariat) | Siras |
| Voiries d'accès | 14 000 FHT | 50 150 FHT | |
| Raccordements de Réseaux AEP, EDF, France télécom | 10 000 FHT | 21 850 FHT | EDF - GDF – Services 73 – France Télécom |
| Local d'exploitation | 14 000 FHT | 70 000 FHT | |
| Etude théorique préliminaire de conception par l'université de Savoie | | 30 000 FHT | Université de Savoie (Laboratoire BBA) |
| Etude géotechnique | 6 000 FHT | | |
| Honoraires | 40 000 FHT | 5 000 FHT | DDAF |
| Total | 724 000 FHT | 290 300 FHT | |
| Total en Euros | 110 373 € HT | 44 256 € HT | |

COUTS DE FONCTIONNEMENT

(année 2005)

| CHARGES | Coûts d'entretien et de suivi de la station | Coûts dûs au caractère expérimental du site |
|--|---|---|
| 60 heures de travail par an pour l'employé communal | 750 € / an | |
| Faucardage des roseaux par l'entente interdépartementale pour la démoustication et ramassage | 900 € / an | |
| Frais d'analyses Entrée-Sortie réalisées par Savoie Labo | 250 € / an | 500 € / an |
| Utilisation du matériel communal (tondeuse, tracteur, benne, ...) : 17 heures par an | 900 € / an | |
| Frais énergétiques du local d'exploitation (chauffage, téléphone, eau, électricité, ...) | | 750 € / an |

| PRODUITS | |
|---|--------------|
| Prime à l'épuration – Agence de l'eau RMC | 1 200 € / an |

| | |
|--------------------------|---|
| COUT TOTAL ANNUEL | 1 600 € (hors aspect expérimental) |
|--------------------------|---|

AVANTAGES ET CONTRAINTES

AVANTAGES

- Par rapport aux stations classiques (station à boues activées, décanteur digesteur, lagunage, lit bactérien...) le coût d'investissement d'une station à lits à macrophytes est toujours moins important lorsque le terrain de la commune est imperméable.
- Le véritable avantage financier provient du coût de fonctionnement pour lequel les communes n'ont jamais de subvention. En effet, pour les stations à lits à macrophytes ce coût n'est représenté que par deux à trois heures de présence hebdomadaire pour l'employé communal ou pour le personnel d'entretien (pour une installation de 500 EH). Il n'y a pas de dépense énergétique car l'écoulement se fait de façon gravitaire, il y a peu de production de boues dont la gestion est simplifiée par une intervention ponctuelle de raclage de terreau tous les 10 à 15 ans.
- La parfaite intégration dans le paysage est aussi un atout considérable. Lorsque la station est terminée seul un champ de roseau est visible. L'écoulement des eaux usées se faisant en souterrain, on limite la présence de moustiques et le développement des mauvaises odeurs.
- Les stations d'épuration à lits à macrophytes permettent d'atteindre un niveau de traitement répondant à la norme en vigueur la plus contraignante pour les installations de capacité inférieure à 2000 EH, à savoir le niveau D4.
- Du point de vue de la sécurité sur la station, les lits étant remplis de graviers, les risques de noyade sont exclus. L'absence d'appareillage électrique important évite les risques d'électrocution tout en permettant à un personnel d'entretien peu qualifié dans le domaine de l'électromécanique de pouvoir s'occuper de la station.

CONTRAINTES

- L'inconvénient principal est constitué par la surface nécessaire à ce type d'installation. Bien que celle ci soit largement inférieure à celle requise par un lagunage classique , il faut compter environ 2 à 2,5 m² de bassins par équivalent habitant.
- Le terrain doit avoir un dénivelé minimum de 4 mètres pour l'implantation de la filière en écoulement gravitaire, sans quoi il faut prévoir un poste de relevage pour pallier à l'absence de pente.
- La réalisation d'une station à lits à macrophytes nécessite un savoir faire important car le respect des niveaux prévus lors de l'étude de dimensionnement est impératif.
- La capacité maximale de traitement du procédé est de 2000 EH et reste destiné à l'assainissement de petites collectivités.
- Au delà de 1200 m d'altitude, le procédé de traitement baisse en efficacité surtout en hiver et les roseaux ont plus de mal à se développer.

La station d'épuration de Cruet

PRESENTATION

CRUET, commune viticole située en Combe de Savoie a construit en 1992 une station d'épuration de type lit bactérien forte charge de 600 Equivalents Habitants. A ce jour cette installation est saturée.

Le schéma directeur d'assainissement de la commune finalisé en avril 2004 préconise la construction d'une nouvelle unité de type lit planté de roseaux de 700 Equivalents Habitants en complément de l'ancien lit bactérien.

Cette station d'épuration a été mise en service en mai 2006 et reçoit en fait la totalité des effluents. Le lit bactérien a été mis en attente et sera remis en service lorsque la charge reçue sera supérieure à 700 Equivalents Habitants.

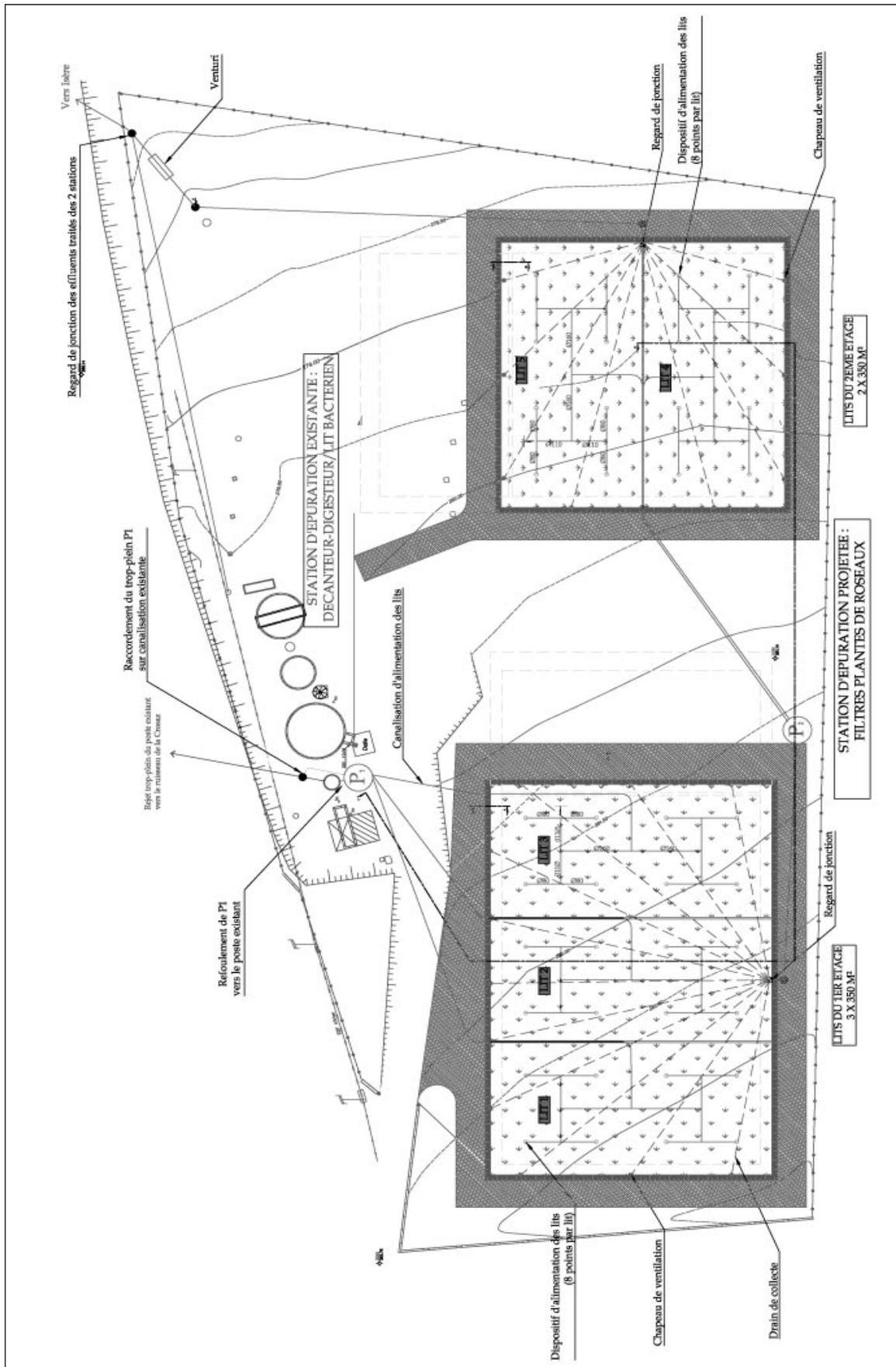
Elle est composée :

- Un prétraitement complet avec dégrilleur automatique qui est celui de l'ancienne station d'épuration.
- Un premier étage alimenté par un poste de relevage équipé de trois pompes qui permet d'assurer l'alternance d'alimentation sur les trois lits verticaux de 350 m² chacun.
- Le deuxième étage est également alimenté par un poste de relevage équipé de deux pompes qui assurent également l'alternance d'alimentation des deux lits verticaux de 350 m² chacun.
- En sortie un canal venturi équipé d'un débitmètre à ultra sons mesure en permanence les débits.

La commune a confié l'exploitation à un délégataire.



SCHEMA DE PRINCIPE



PERFORMANCES

CONSEIL GENERAL DE LA SAVOIE - SATESE

RAPPORT ANNUEL 2006

STATION D'EPURATION DE

CRUET

Maître d'ouvrage Commune
 Capacité nominale **600 E.H. + 700 E.H.** **78,0 KG DBO5/JOUR** **195 M3/JOUR**
 Type Lit bactérien Forte charge + Lit à macrophytes
 Année de mise en service 1992 et 2006
 Constructeur MALATAVERNE et LOCAL
 Exploitant Commune + edacere
 Programme réalisé ANALYSES : 2 TESTS:
 Population raccordée 600
 Industries raccordées

RESULTATS DES VISITES AVEC ANALYSES SUR LE LIT A MACROPHYTES

| DATE | DBO5 (mg/l) | | | DCO (mg/l) | | | MES (mg/l) | | | NTK | Phosphore |
|---------|-------------|--------|-------|------------|--------|-------|------------|--------|-------|--------|-----------|
| | Entrée | Sortie | Rendt | Entrée | Sortie | Rendt | Entrée | Sortie | Rendt | Sortie | Sortie |
| 01-juin | 430 | 10 | 98% | 850 | 30 | 96% | 280 | 8 | 97% | 15,5 | 1,2 |
| 06-sept | 1490 | 5 | 99% | 2220 | 30 | 97% | 870 | 7 | 99% | 4,9 | 5,05 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

RESULTATS DES VISITES AVEC ANALYSES SUR LE LIT BACTERIEN

| DATE | DBO5 (mg/l) | | | DCO (mg/l) | | | MES (mg/l) | | | NTK | Phosphore |
|------|-------------|--------|-------|------------|--------|-------|------------|--------|-------|--------|-----------|
| | Entrée | Sortie | Rendt | Entrée | Sortie | Rendt | Entrée | Sortie | Rendt | Sortie | Sortie |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

PRODUCTION ANNUELLE DE BOUES **2 400 kg de MS** **NORMALE** **POUR LE LIT BACTERIEN**

DESTINATION DES BOUES **AGRICULTURE**

RENDEMENT MOYEN PONDERE (MES-DBO5-DCO) **97,5%** **SUR LE LIT A MACROPHYTES**

ENTRETIEN - EXPLOITATION **MOYEN**

EAUX PARASITES **BEAUCOUP**

APPRECIATIONS GENERALES

Une nouvelle filière de 700 E.H. de type lit à macrophytes a été mise en service en mai 2006.
 Depuis septembre toutes les eaux usées de Cruet sont dirigées sur cette file . Le lit bactérien est arrêté et sera remis en service lorsque la capacité de la nouvelle filière sera atteinte.
 Depuis la mise en service de la nouvelle unité les rendements sont devenus excellents .
 FONCTIONNEMENT : BON

COUTS D'INVESTISSEMENT

| | STATION | COLLECTEUR REJET |
|------------------|----------------|------------------|
| MAITRISE D'ŒUVRE | 21 351 € H.T. | 6 617 € H.T. |
| TRAVAUX | 318 399 € H.T. | 87 680 € H.T. |
| COORDINATEUR | 2 087 € H.T. | 574 € H.T. |
| CONTROLE | 896 € H.T. | |
| TOTAL H.T. | 342 733 € H.T. | 94 871 € H.T. |

La station d'épuration de Cusy

Communauté de communes du Pays d'Alby

PRESENTATION GENERALE



Station de type filtre plantées de roseaux de 750 EQH.

Milieu récepteur : Marais des Peisses, le ruisseau de Vautrey et le Chéran.

Coût de réalisation : 293 662,54 € HT

Cette station a deux particularités :

1/ L'eau brute est envoyée sur le 1^{er} étage à l'aide de trois pompes de relèvement gérées par un automate afin d'assurer une bonne répartition de celles -ci dans les différents bassins.

2/ La diffusion de l'eau traitée dans le marais a nécessité une rampe de dispersion spécifique.

Une canalisation en PVC d'une longueur de 90 ml a été posée dans une tranchée de 0,40m x 0,80m, en respectant une parfaite horizontalité. La canalisation a été percée en surface d'orifices placés tous les 5 ml afin d'assurer une répartition homogène des effluents.

La tranchée a été remblayée en surface de galets sur une épaisseur de 0,40 m.

COUTS : LES FRAIS DE FONCTIONNEMENT

| | montant en € |
|------------------------------|---------------|
| Main d'œuvre | 2 752 |
| Elimination refus dégrillage | 348 |
| Elimination déchets verts | 45 |
| ConsomMable électricité | 874 |
| Analyses | 150 |
| Fournitures administratives | 90 |
| Carburant | 130 |
| Prime d'assurance | 300 |
| Frais de téléphonie | 167 |
| Amortissement | 7 786 |
| Total | 12 642 |



RENDEMENTS EPURATOIRES

Analyses en entrée

| Date | DCO | DBO5 | MES | Azote kjedal(NTK) | Phosphore total |
|------------|------|------|-----|-------------------|-----------------|
| 05/12/2002 | 475 | 245 | 240 | 55,3 | 8 |
| 01/10/2003 | 1070 | 490 | 520 | 101,4 | 16,7 |
| 24/06/2004 | 774 | 440 | 290 | 95,5 | 11,7 |
| 20/04/2005 | 442 | 210 | 190 | 58,7 | 7,76 |
| 26/12/2006 | 1020 | 350 | 370 | 67,5 | |

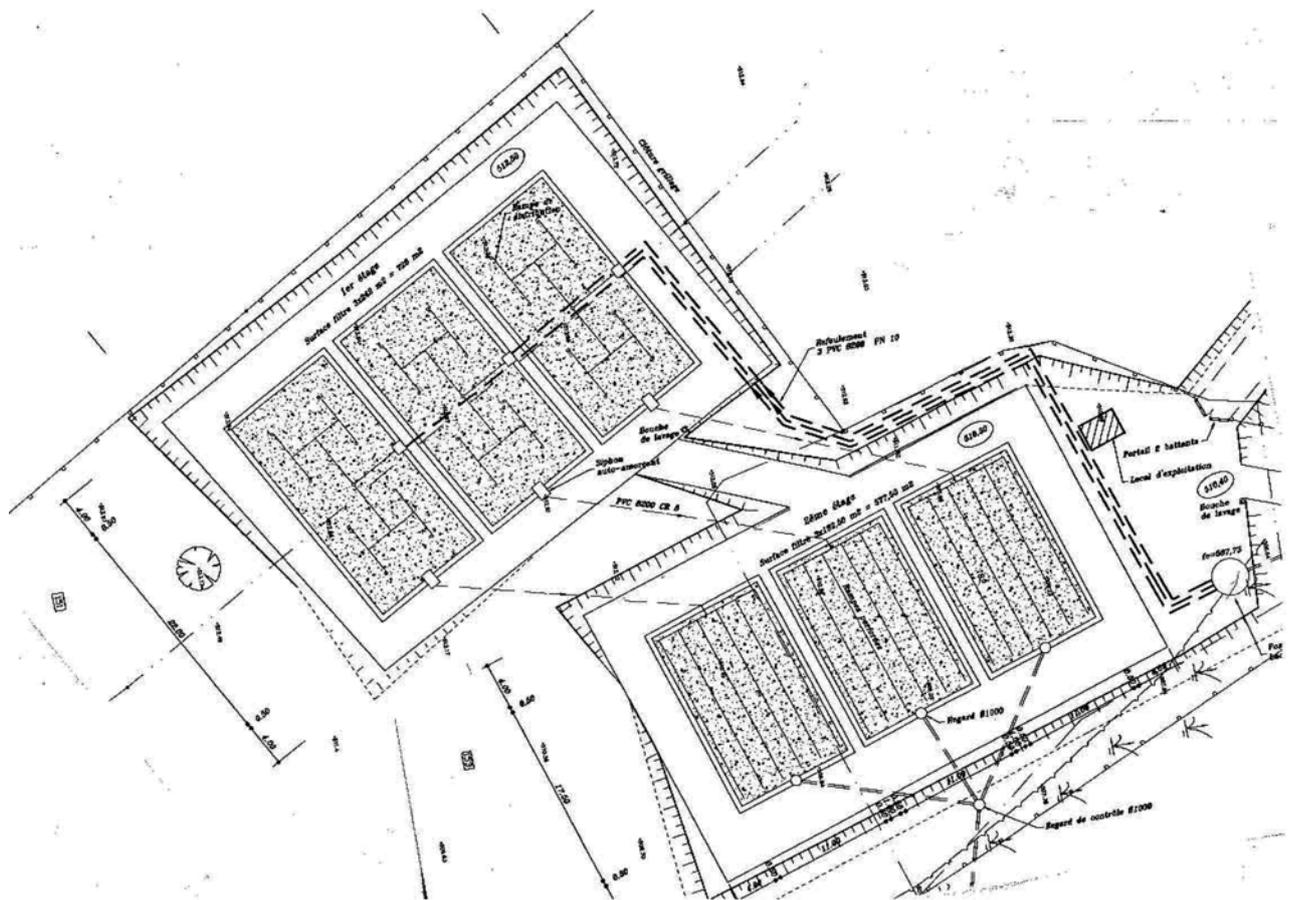
Analyses en sortie

| Date | DCO | DBO5 | MES | Azote kjedal(NTK) | Phosphore total |
|------------|-----|------|-----|-------------------|-----------------|
| 05/12/2002 | 10 | 3 | 2 | 1,6 | 3,4 |
| 01/10/2003 | 39 | 7 | 4,8 | 12,3 | 7,9 |
| 24/06/2004 | 51 | 7 | 6,8 | 3,49 | 9,37 |
| 20/04/2005 | 10 | 4,2 | 2 | 2,04 | 6,18 |
| 26/12/2006 | 30 | 3 | 3,2 | 4,48 | |

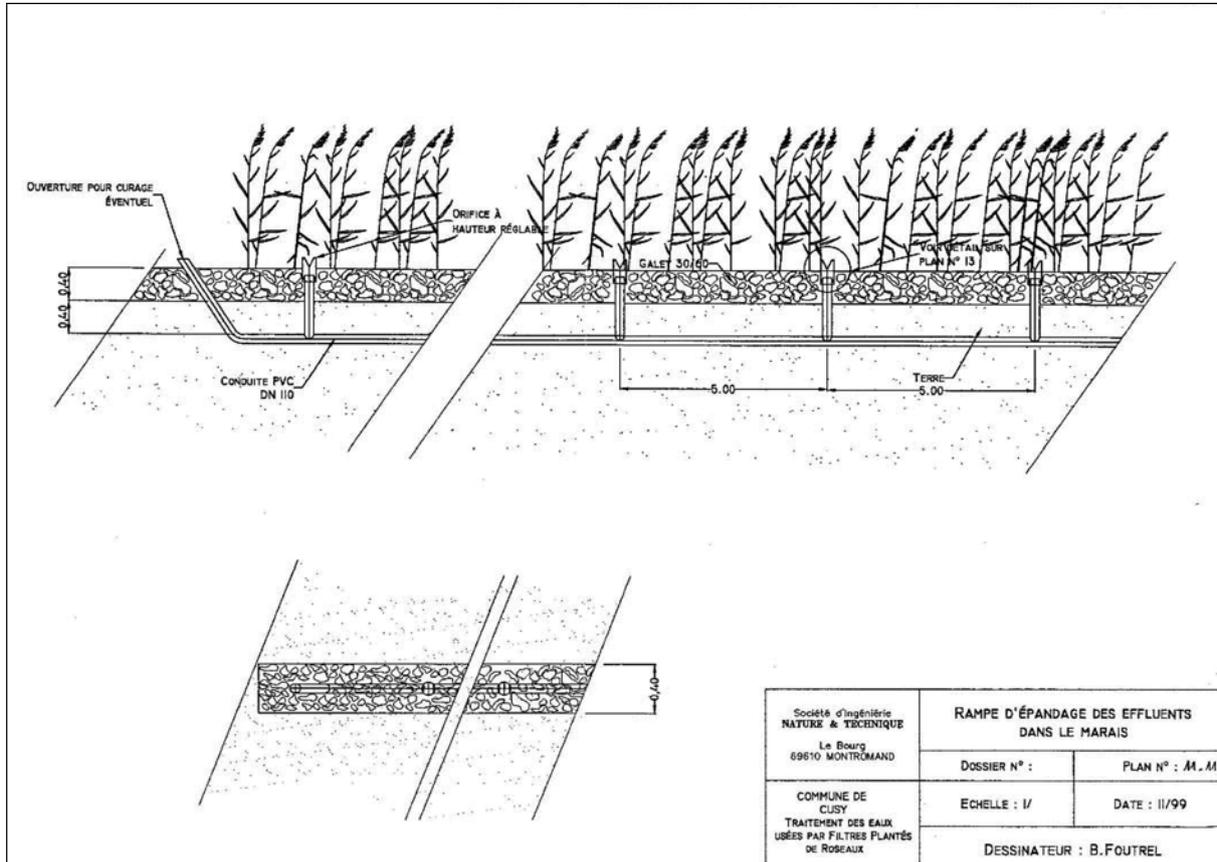
Rendements épuratoires

| Date | DCO | DBO5 | MES | Azote kjedal(NTK) | Phosphore total |
|------------|-------|-------|-------|-------------------|-----------------|
| | % | % | % | % | % |
| 05/12/2002 | 97,89 | 98,78 | 99,17 | 97,11 | 57,50 |
| 01/10/2003 | 96,36 | 98,57 | 99,08 | 87,87 | 52,69 |
| 24/06/2004 | 93,41 | 98,41 | 97,66 | 96,35 | 19,91 |
| 20/04/2005 | 97,74 | 98,00 | 98,95 | 96,52 | 20,36 |
| 26/12/2006 | 97,06 | 99,14 | 99,14 | 93,36 | |
| | | | | | |

PLAN DE LA STATION



SCHEMA DE PRINCIPE - DISPERSION DANS LE MARAIS



La station d'épuration d'Allèves

Communauté de communes du Pays d'Alby

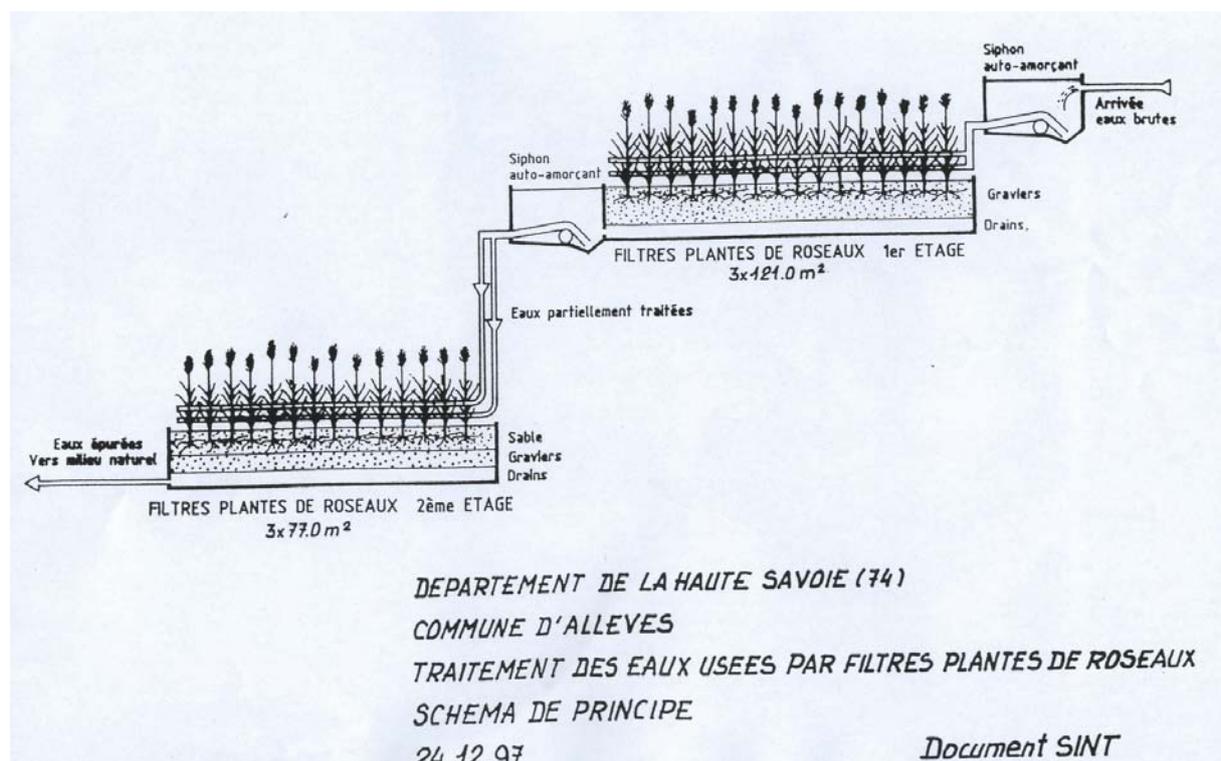
PRESENTATION

2.1. Description sommaire de la station

La station, installée à une altitude de 590 m, de capacité nominale de 250 équivalents habitants, est composée des trois éléments suivants :

- Le dégrillage des matières grossières ;
- Le premier étage filtrant vertical assurant la dégradation de la pollution particulaire et soluble ;
- Le second étage, également vertical, terminant la dégradation de la pollution soluble et l'oxydation des matières azotées.

Schéma 1 : Coupe transversale



Cette station était expérimentale pour la Haute Savoie. Un suivi analytique est réalisé conjointement par la CCPA et la cellule de l'eau du département depuis sa mise en service en 2000.



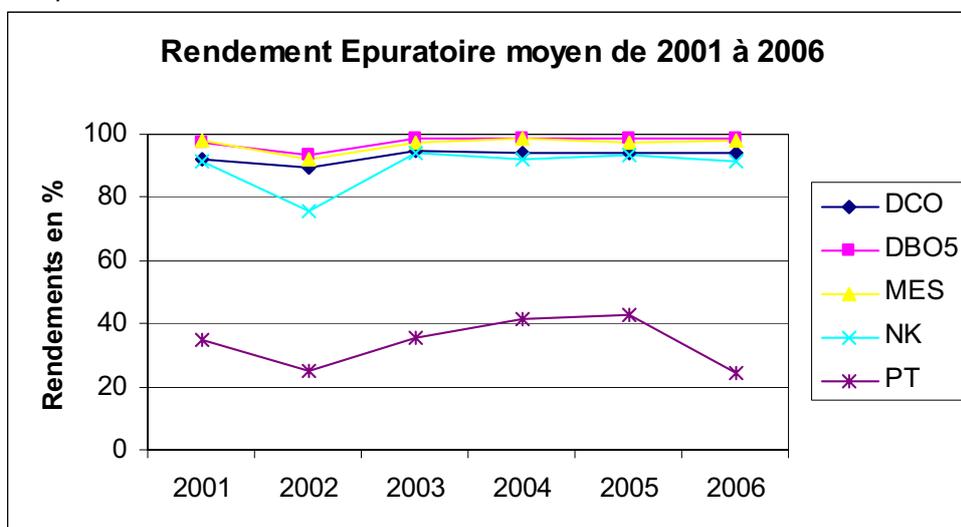
RENDEMENTS EPURATOIRES

Les bilans de pollution sont réalisés selon le protocole établi par le service de l'eau. Les préleveurs sont asservis au temps (1 prélèvement toutes les 10 minutes, soit 144 prélèvements par jour). Les prélèvements sont réalisés par les services techniques de la Communauté de Communes du Pays d'Alby et ont lieu en entrée de station, entre les deux étages (niveau intermédiaire) et en sortie de station.

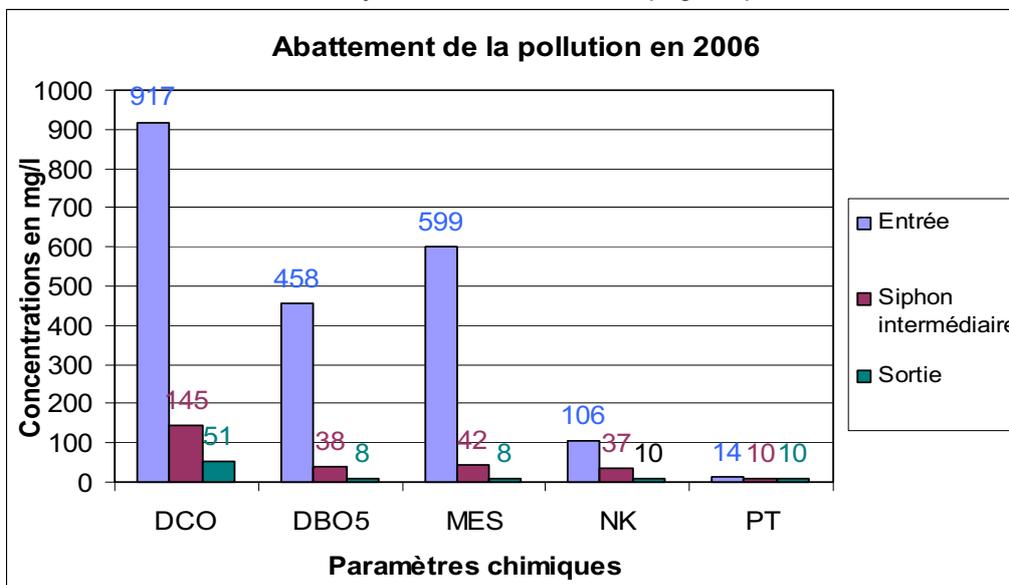
Les rendements épuratoires sont très bons pour l'ensemble des paramètres mesurés, à l'exception du phosphore notamment pendant la campagne d'été de juin à août. Ce phénomène avait été remarqué en 2002.

Après l'augmentation du rendement épuratoire du phosphore de ces deux dernières années, celui-ci a diminué pour atteindre une moyenne annuelle de 26,2 % contre 43 % en 2005. On observe parfois de gros écarts entre deux bilans : -28,2 % sur le rendement épuratoire en août 2006 contre 85,2 % en octobre.

On observe une **bonne nitrification**, y compris en période hivernale, où les températures observées sont pourtant basses.



Concernant les performances de chaque étage, l'histogramme suivant montre que l'abattement est prioritairement réalisé au niveau du 1^{er} étage (abattement de la pollution particulaire puis soluble). Au niveau du 2^e étage, la biomasse poursuit la dégradation de la pollution soluble et l'oxydation des matières azotées. Ceci était déjà observé lors des campagnes précédentes.



ENTRETIEN

Production de roseaux

Comme pour 2005, le faucardage des roseaux a été réalisé en fin d'année (novembre 2006). La coupe a été réalisée à 50 cm à partir du sol près des tuyaux d'alimentation afin de limiter les entrées d'eau dans les tiges.

Le poids total des déchets est de 1 390 kg. La pesée des roseaux est réalisée à Broise. Ce poids est sensiblement supérieur à celui mesuré en 2005.

Accumulation de boue minérale en surface des bassins

Le dépôt minéral en surface des bassins est encore faible : la hauteur de boue atteint en moyenne 2,2 cm sur le premier bassin, et 1,7 cm sur le second bassin. En 2004, elle était de 1,5 cm sur le premier bassin et de 0.5 cm sur le second.

Refus de dégrillage

En 2006, 1,36 Tonnes de refus de dégrillage ont été incinérés au SITO A à Rumilly (sous forme de DIB), contre 1,6 tonnes en 2005. Il faut noter toutefois que le refus de dégrillage n'est pas pesé avec exactitude, mais que son poids est simplement estimé par les personnes chargées de l'entretien du dégrilleur.

FRAIS DE FONCTIONNEMENT

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Main d'œuvre | 2 130 € | 2 085 € | 1 994 € | 2 800 € | 2 752 € | 2 903 € |
| Elimination refus dégrillage | - | - | - | - | 174 € | 121.25 |
| Elimination déchets verts | - | - | - | - | 45 € | 49 € |
| Consommable électricité | 241 € | 245 € | 349 € | 296 € | 253 € | 308 € |
| Consommable divers | 127 € | 625 € | - | - | - | - |
| Analyses | 420 € | 420 € | 619 € | 190 € | 190 € * | 160 € * |
| Fournitures administratives et imprimés | 90 € | - | - | 90 € | 90 € | 90 € |
| Carburants | 108 € | 108 € | 108 € | 120 € | 130 € | 150 € |
| Primes d'assurances | 142 € | 150 € | 150 € | 150 € | 150 € | 150 € |
| Frais de télécommunication | 30 € | 30 € | 30 € | 30 € | 30 € | 30 € |
| Amortissement | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € | 2 403 € |
| TOTAL | 5 692 € | 6 067 € | 5 653 € | 6 079 € | 6 217 € | 6 364 € |

Fiche synthétique de présentation des filtres plantés de macrophytes

Filtres plantés de macrophytes

Ce document reprend les principaux éléments de deux documents disponibles sur le site web de l'Agence RM&C à savoir : « Epuración des eaux usées par des filtres plantes de macrophytes », une étude bibliographique de 1999 et « Epuración des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes », un guide de recommandations techniques de 2005.

1. Principes de fonctionnement

Les filtres plantés de macrophytes sont des dispositifs d'épuration utilisant comme biomasse épuratrice les cultures fixées sur support fin (gravillons, sable).

On distingue deux types de filtres:

- Filtres à écoulement vertical (la grande majorité en France),
- Filtres à écoulement horizontal.

La combinaison d'une succession de filtres à écoulement vertical (en amont) et horizontal (en aval) sous forme de filtres "hybrides", permet de combiner les avantages des deux types.

Les caractéristiques principales des dispositifs sont résumées ci après:

| filtres à écoulement vertical | filtres à écoulement horizontal |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ils sont alimentés en surface. Ils peuvent l'être avec des eaux brutes dans la mesure où les plantes empêchent le colmatage durable de la surface par les matières en suspension. • L'alimentation doit être discontinue pour, à chaque bachée, permettre l'épandage des eaux sur l'ensemble de la surface du filtre. • L'aération est assurée par l'entraînement de l'air entre les bachées. Le massif est donc principalement non saturé et une nitrification poussée (élimination de l'ammoniac, toxique) est possible. En revanche la dénitrification (élimination des nitrates) n'est pas assurée. • L'accumulation de biomasse dans les massifs doit être prévenue par l'oxydation de ces matières lors des phases de repos, c'est à dire de non-alimentation, de plusieurs jours. Il est donc nécessaire de disposer de plusieurs unités en parallèle (généralement trois). | <ul style="list-style-type: none"> • Ils sont alimentés avec des eaux ayant subi un traitement primaire visant la réduction de la teneur en matières de suspension pour éviter le colmatage des massifs à long terme. • Le niveau d'eau est constamment inférieur à la surface du lit et il n'y a donc pas d'eau libre à la surface (hormis au voisinage de l'entrée lors des débits de temps de pluie). • L'alimentation est généralement continue; le massif est donc constamment saturé. L'aération se fait principalement à travers la surface et est donc faible; une nitrification poussée n'est pas possible. En revanche les nitrates formés sont réduits à cause de l'existence de zones anoxies. • L'accumulation de biomasse dans les massifs doit être prévenue par l'oxydation de ces matières lors des phases de repos, c'est à dire de non-alimentation, de plusieurs jours. Il est donc nécessaire de disposer de plusieurs unités en parallèle (généralement deux). |

Le rôle des plantes dans ces dispositifs est multiple.

Sur le plan du process:

- elles maintiennent par leurs rhizomes les massifs de filtration **hydrauliquement ouverts** et empêchent le colmatage,
- elles **empêchent le colmatage en surface** des lits verticaux alimentés en eaux brutes par le maintien d'un drainage le long des tiges des roseaux,
- l'ombrage crée un milieu humide favorable à la **dégradation biologique des boues accumulées** sur la surface des lits et empêche la formation de croûtes sèches peu dégradables,

- elles créent autour de leurs racines un **milieu favorable** à la croissance bactérienne; la biomasse active dans un lit planté est plus importante que dans un lit non planté,
- elles protègent les dispositifs contre le **gel** à condition de ne pas évacuer les plantes fauchées avant l'hiver,
- l'**apport d'oxygène** par les plantes est **négligeable**, dans les lits verticaux, et très faible dans les lits horizontaux,
- l'**exportation** de nutriments (N et P) par les plantes est **négligeable**.

Sur le plan de l'intégration dans le site il faut signaler:

- la bonne protection contre une propagation des **odeurs** (pas d'eau en surface pour les lits horizontaux, faible prise de vent sur l'eau libre présente lors de l'alimentation des lits verticaux),
- l'excellente **intégration visuelle** dans beaucoup de paysages et donc la bonne acceptation par le public.

2. Les performances.

Les filtres plantés sont des **filtres** et ont donc une bonne performance en termes de **MES** (matières en suspension) et en **DBO5** (matières consommatrices d'oxygène) dans la mesure où les matières organiques dissoutes sont principalement transformées en MES.

La **nitrification** est assurée différemment par les deux types de dispositifs en raison des conditions d'aération.

Le **phosphore** est principalement retenu par le substrat minéral. Son élimination est donc très faible lors de l'utilisation de gravier et sable. Dans les lits horizontaux à surface spécifique élevée et utilisant du sol ou dans des lits ayant des supports minéraux avec des adjuvants (Fe, Ca) on peut obtenir des réductions importantes de P de façon durable.

Les abattements **bactériologiques** sont de l'ordre de 2 unités logarithmiques.

Globalement on peut dire que le niveau **D4** est atteint. Quelques ordres de grandeurs sont regroupés dans le tableau suivant:

| | écoulement vertical | écoulement horizontal | hybride |
|---------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| MES | < 15 mg/l | 10 mg/l - 20 mg/l | 10 mg/l - 20 mg/l |
| DBO5 | < 25 mg/l | < 25 mg/l | < 25 mg/l |
| NK | < 8 mg/l | 50 % | < 5 mg/l |
| N total | 20 % | 50 % | 80 %? |
| P | 30% | 30% ou plus | 30% |

3. Eléments de dimensionnement.

Le dimensionnement se fait sur la base du nombre d'habitants à raccorder. Seul le flux polluant est déterminant et le volume d'eau usée journalier à traiter intervient à peine. En effet les systèmes ont

| | écoulement vertical | écoulement horizontal |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| surface utile par habitant | 2 à 2.5 m2/hab | 4 à 5 m2/hab |
| charge spécifique massique | 20 gr DBO5/m2*j | 8 gr DBO5/m2*j |
| charge spécifique hydraulique | 10 cm/j | 5 cm/j |
| | | |

un bon pouvoir tampon par rapport aux débits par temps de pluie. Pour les lits verticaux on peut considérer que le lit en fonctionnement peut recevoir 1,50 m/j, ce qui correspond donc à une charge hydraulique globale de 50 cm/j pour un ensemble de 3 lits, soit 5 fois le débit de temps sec.

La mise en charge d'un lit horizontal est tolérable et l'exploitant peut intervenir pour baisser le niveau aval et ainsi augmenter la capacité de transit.

Les filtres à écoulement vertical ont généralement **deux étages** (la surface du premier sera 60%, celle du deuxième 40%) pour atteindre le niveau de rejet D4. Pour les filtres à écoulement horizontal deux étages sont souhaitables, sauf pour les petites installations inférieures à 100 habitants.

Les filtres verticaux demandent pour des raisons de process (repos pour dégrader les matières accumulées dans les filtres) **plusieurs files en parallèle** (au moins trois). Cela peut être utile pour les filtres à écoulement horizontal au cas où il faudra intervenir sur l'installation dans quelques années (cf. vidange des lagunes).

4. Eléments de mise en oeuvre

- L'alimentation se fera de préférence gravitairement. Pour les lits à écoulement vertical un système de siphon auto-amorçant ou de chasse est alors nécessaire pour permettre l'alimentation discontinue et ceci sur les deux étages. Cela implique un dénivelé de 4 m entre l'entrée et la sortie.
- La **répartition** de l'effluent se fait pour les lits à écoulement vertical par un système de conduites en T implantées de façon rigoureusement **symétrique**. Pour les lits à écoulement horizontal la répartition se fait généralement dans un drain situé dans un gabion de cailloux.
- Un prétraitement sommaire (dégrillage) est nécessaire et dans le cas des lits à écoulement **horizontal**, une **décantation primaire**.
- L'**étancheification** du premier étage est indispensable, soit par le compactage de l'argile, sur place soit par une membrane. L'effluent du deuxième étage peut dans certaines conditions être infiltré sur place.
- Le gravier et sable devront être choisis avec grand soin et les tests de réception doivent confirmer les caractéristiques; il faudra du **matériau siliceux**, et pour le sable du deuxième étage du matériau **roulé** et non concassé.
- L'espèce végétale la plus résistante aux conditions des lits (niveau élevé de l'eau, à secs intermittents, eaux chargées) est le **roseau ordinaire**. Sur le deuxième étage d'autres espèces peuvent être utilisées.

5. Contraintes d'exploitation.

L'exploitation des filtres plantés est simple.

- Deux passages par semaine sont nécessaires pour l'entretien des **prétraitements** et les **dispositifs de répartition** et pour l'inspection et l'entretien général de l'installation et ses abords (4h par semaine).
- Plus spécifiquement les filtres à écoulement vertical nécessitent l'intervention périodique pour **l'alternance de l'alimentation**.
- En cas de présence d'une **décantation primaire** (pour les lits à écoulement horizontal) le vidange du dispositif sera pratiquée selon les besoins (fosse septique, décanteur digesteur).
- Un **faucardage** annuel de la végétation est habituel. Les débris sont généralement brûlés sur place (on peut les laisser pendant l'hiver comme couverture anti gel).
- La première année un **désherbage** manuel des lits pour éliminer les plantes adventives est nécessaire.
- L'évacuation des **boues** accumulées sur le premier étage des lits à écoulement vertical est une opération qui sera nécessaire tous les dix ans (et encore). Les boues sont alors extrêmement stabilisées et peuvent être mis en tas sur le site pour utilisation ultérieure en espaces verts de la commune par exemple.

6. Eléments de coûts.

Les données ci dessous sont issues de 40 dossiers de filtres verticaux construites en 2003, 2004 et 2005. On peut retenir les chiffres suivants pour les coûts d'**investissement** globaux, hors maîtrise d'oeuvre et acquisition du terrain:

| capacité (EH) | coût unitaire (€/EH) |
|---------------|----------------------|
| 200 | 600-800 |
| 500 | 400-600 |
| 1000 | 350-450 |

Les coûts des travaux de terrassement, de l'étancheification et du garnissage des lits représentent environ 70 % des coûts totaux.

Les coûts d'**exploitation** sont surtout déterminés par le temps passé que l'on peut évaluer à 200 à 250 heures par an pour une installation de quelques centaines de EH. Il représente 2/3 des coûts globaux. Le coût spécifique est de l'ordre de 12 €/EH par a pour une installation de 200 EH par exemple.

7. Domaine d'application.

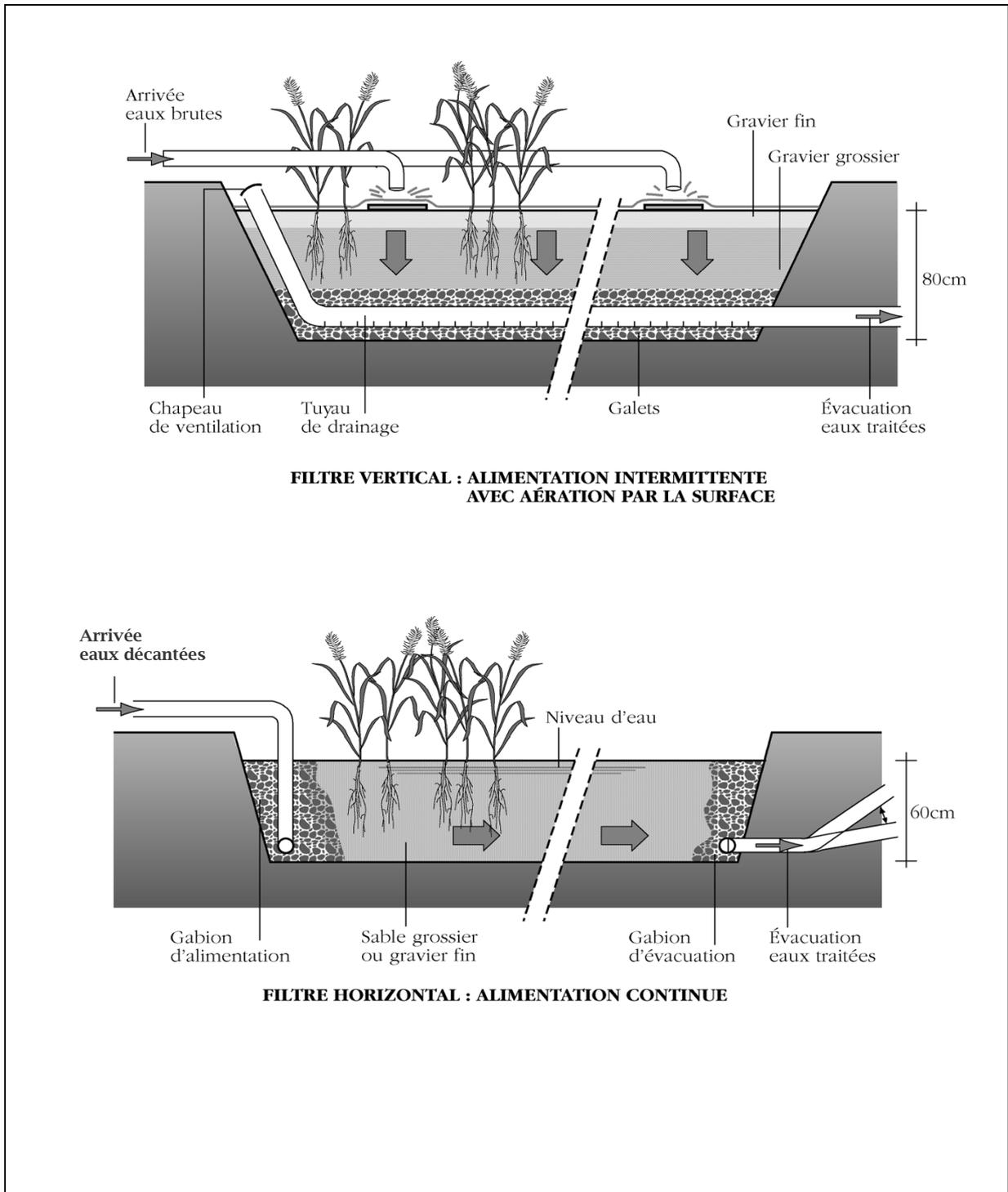
Les lits plantés de roseaux s'appliquent dans le cas de collectivités rurales jusqu'à une **capacité de 1500 EH**. Au-delà de cette capacité les réalisations sont rares, surtout pour des raisons de coût initial, puisque l'économie d'échelle est faible pour ce genre de dispositif.

Les eaux diluées par des infiltrations se laissent correctement traiter par ces lits. Ils sont compatibles avec des réseaux unitaires et une mise en séparatif n'est donc pas indispensable.

8. Avantages et inconvénients.

| avantages | inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • gestion de boues largement facilitée avec l'évacuation d'un produit très stabilisé tous les 10 ans • pouvoir tampon élevé (moins que les lagunes, plus que les filtres à sable enterrés) et possibilité d'accepter les eaux unitaires • bonne barrière aux MES (et donc DBO5) et pas de production de matières organiques comme les lagunes • possibilité de supprimer la décantation primaire pour les filtres verticaux (contrairement aux filtres verticaux non plantés) • nitrification poussée (sauf pour les filtres à écoulement horizontal seuls) • simple exploitation (pas de compétence spécifique nécessaire) • faibles coûts annuels d'exploitation (12 €/EH pour 200 EH) • excellente intégration dans les sites possible (mieux que les filtres non plantés) | <ul style="list-style-type: none"> • dénitrification limitée (sauf dans systèmes hybrides combinant filtres verticaux et horizontaux) • faible déphosphatation (toutefois à voir le réel intérêt de déphosphater pour ces petits rejets) • l'exécution doit être très soigné : terrassement, matériaux, pente, finition |

9. Coupes schématiques



Références

Références bibliographiques

Épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes – Guide technique
44 pages - juin 2005 – Téléchargeable sur le site de l'Agence de l'Eau RM&C
<http://www.eaurmc.fr>

Épuration des eaux usées par des filtres plantés de macrophytes : étude bibliographique
1999, 79 p. – Téléchargeable sur le site de l'Agence de l'Eau RM&C
<http://www.eaurmc.fr>

Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités
BOUTIN C., DUCHENE P., LIENARD A., 1998, 96 p.,
FRE. Coll. Documentation technique FNDAE, n° 22,

Guide de l'assainissement des communes rurales, mise à jour 2006, 85 p.
Téléchargeable sur le site de L'Agence de l'Eau Artois-Picardie
<http://www.eau-artois-picardie.fr/>

Sites internet des intervenants et partenaires

Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse
<http://www.eaurmc.fr>

Cemagref de Lyon
<http://www.lyon.cemagref.fr>

Chambéry Métropole
<http://www.chambery-metropole.fr>

Conseil Général de Haute-Savoie
<http://www.cg74.fr>

Conseil Général de Savoie
<http://www.cg73.fr>

Graie
<http://www.graie.org>

Polytech'Savoie
<http://www.polytech.univ-savoie.fr>



Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau
Domaine scientifique de la Doua - BP 2132 - 69603 Villeurbanne cedex
Tél : 04 72 43 83 68 - Fax : 04 72 43 92 77
E.mail : asso@graie.org - www.graie.org