


Les filières d'épuration extensives mais « compacts ».

Expérience issue de l'assainissement collectif

Catherine BOUTIN, Cemagref Lyon

catherine.boutin@cemagref.fr





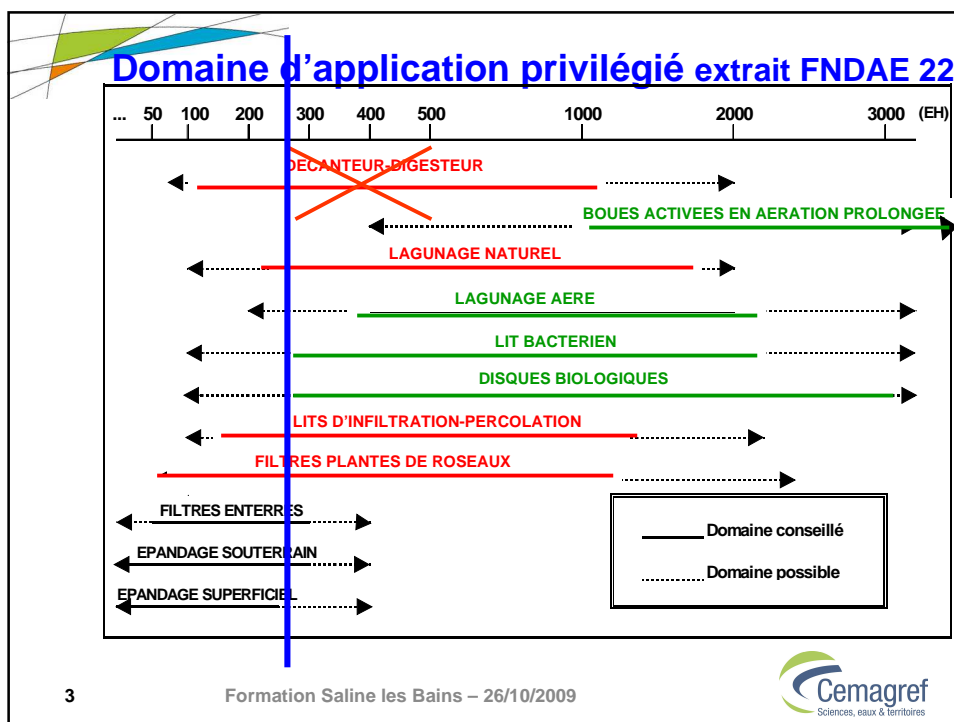
Développement des filières depuis 10 ans

<ul style="list-style-type: none"> • Décauteur-digesteur • Boues activées • Lagunage naturel • Lagunage aéré • Lit bactérien • Disques biologiques • Infiltration-percolation • FPR • Filtres enterrés • Épandage souterrain • Épandage superficiel 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible développement et désormais interdit • BA , « apparition » du SBR • Parc ancien, démarrage de phase réhabilitation • Abandonné ? • Substitution du clarificateur (+ tt boues) par un FPR II • Substitution du clarificateur (+ tt boues) par un FPR II • Assez développé - frein ? (colmatage) • Plein essor • Assez développé , « apparition » zéolite • Très peu développé • Très peu développé
--	---

2 Doc FNDAE n°22 (1998) sur site web

Formation Salin les Bains - 26/10/2009





Les filières d'épuration extensives mais « compacts ».
Expérience en assainissement collectif

- o Filtres plantés de roseaux vertical/horizontal et variations saisonnières
- o Filtres enterrés à zéolite
- o Disques Biologiques /Lit bactérien et lits de clarification
- o séchage de boues
- o Expérience de Mayotte
- o Méthodologie de comparaison

Principe de fonctionnement des FPR

C'est une filtration biologique sur des supports de petite taille (sable, gravier, sol)

2 processus prépondérants:

- FILTRATION SUPERFICIELLE:
rétention des MES (colmatage superficiel)
- OXYDATION BIOLOGIQUE: $DTO = DCO_{\text{dissoute}} + 4,5 \text{ NK}$

O_2 : renouvellement de l'air par diffusion-convection

Biomasse: auto-régulation de la biomasse

5

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Principales consignes de réalisation

Dimensionnement empirique

Très faibles charges surfaciques apportées : $< 35 \text{ g DBO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$

Alimentation alternée : 2 périodes de repos pour 1 d'alimentation

Alimentation syncopée = par bâchées

Réseau séparatif

Bon niveau de performances [nitrification complète]

Nitrification importante, révélatrice de la « santé » du filtre

Peu d'abattement sur les nutriments (azote et phosphore)

Exploitation simple MAIS régulière

6

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Filtres plantés de roseaux à flux vertical: FPRv

3 Documents

disponible sur sites
internet
Agences et Cemagref

disponible sur sites:
- intranet du **ministère chargé de l'agriculture**
- Cemagref de Lyon

ÉPURATION DES EAUX USÉES DOMESTIQUES PAR **FILTRATION** SUR LITS PLANTÉS DE MACROPHYTES **2005**

Prescriptions & Recommandations POUR LA **CONCEPTION** ET LA **RÉALISATION**

WS Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux

agence de l'eau

CADRE GUIDE

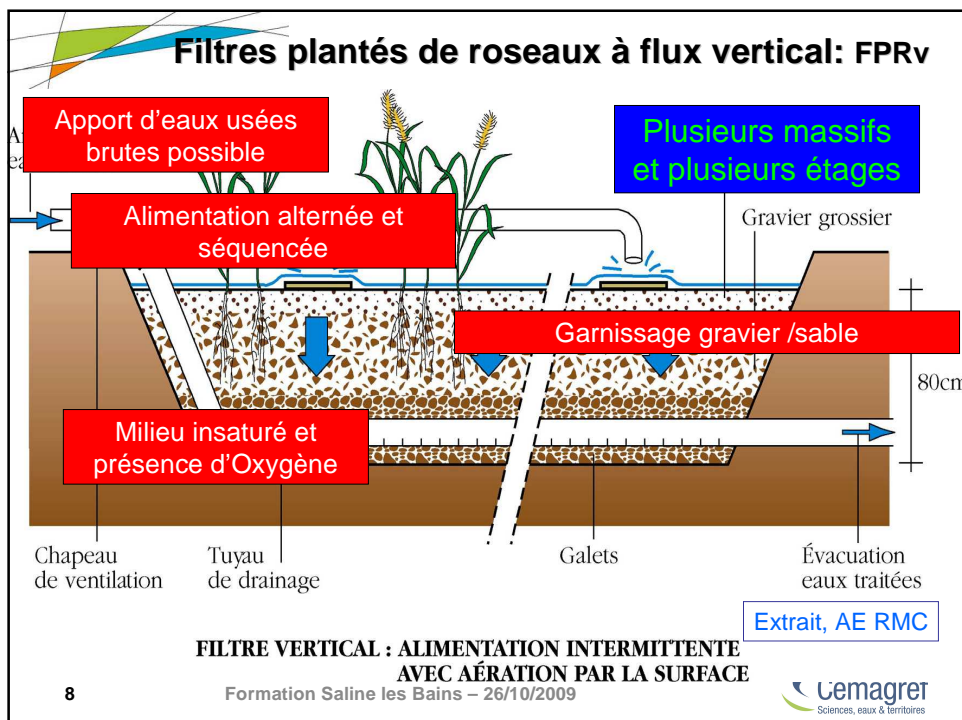
POUR UN

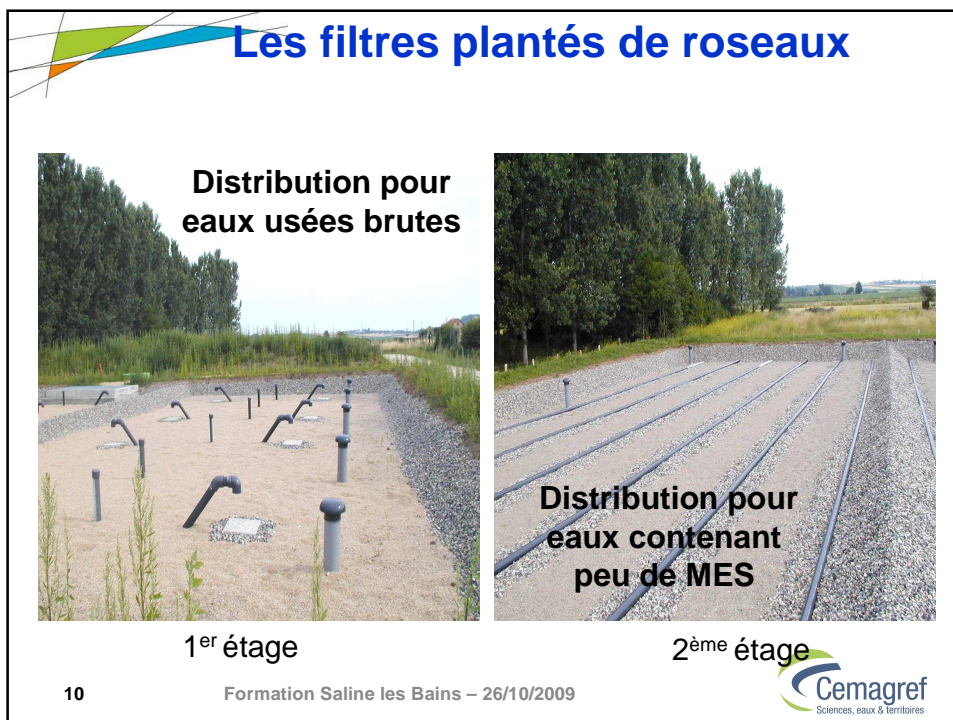
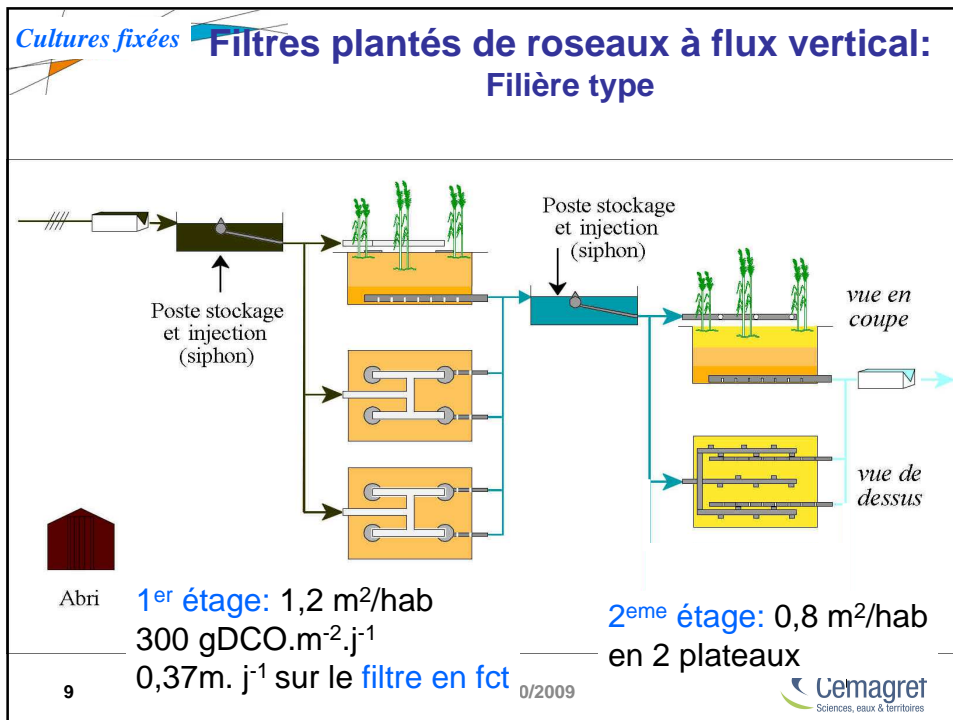
CADRE DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

CCTP

FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX **2007**

Avril 2007





Qualité du rejet


moy DCO entrées= 840 mg.L ⁻¹ (520- 1400) CH < 0.75 m.j ⁻¹	DCO	MES	N-NK			
Rnt %	Sortie conc (mg.L ⁻¹)	Rnt %	Sortie conc (mg.L ⁻¹)			
1 ^{er} étage	82	145	86	33	60	35
2 ^{eme} étage	60	55	72	11	78	6
Global	92	60	96	15	90	8



Surface totale	m ² .EH ⁻¹	<(1,5 – 2)	2 - 2.5	>(2,5 – 3)
Concentration du rejet en N-NK mg.L ⁻¹		16 +ou – 8 (28)	6 +ou – 2 (20)	5,6 +ou – 3 (10)

- ◆ Dimensionnement: 2 m².hab⁻¹ pour permettre la nitrification
- ◆ Nitrification améliorée (6 mg.L⁻¹ N-NK) par accroissement du 1^{er} étage (1.5 m².hab⁻¹)
- ◆ Bâchées apportées à débit de + de 0.6 m³.m⁻².h⁻¹ contribuent à équipartition des eaux sur toute la surface: mini > 0.5 m³.m⁻².h⁻¹

11
Extrait, Molle 2004

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Dépôt de boues		
	MS	MO(%de MS)
	Surface	15-20 %
	Milieu	20-30 %
	Profond	30 %
<p>◆ Seulement une STEP a fait l'objet d'un curage après 14 ans de fonctionnement.</p> <p>◆ Les boues sont aptes à un épandage agricole si pas d'industrie raccordée.</p>		
12		Extrait, Molle 2004 

Boues



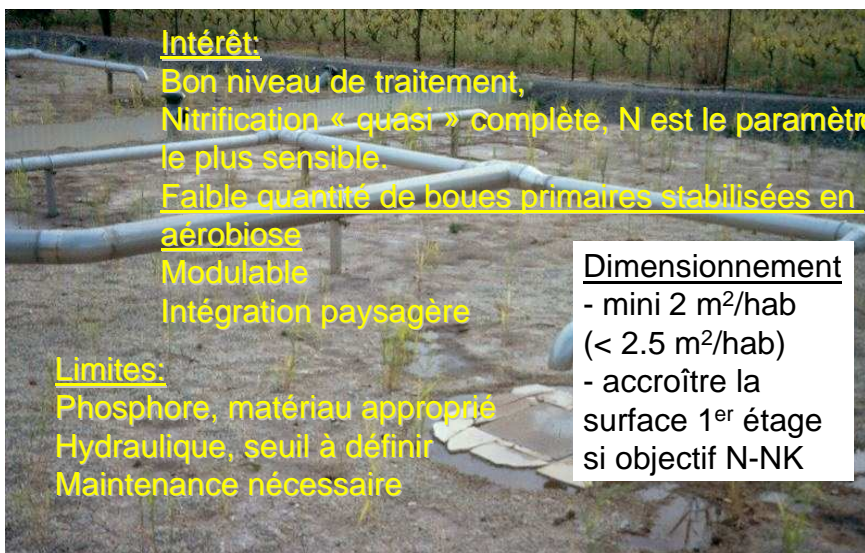
- Pas d'influence négative sur la reprise des roseaux

13

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Les filtres plantés de roseaux à flux vertical



Intérêt:

Bon niveau de traitement,
Nitrification « quasi » complète, N est le paramètre
le plus sensible.

Faible quantité de boues primaires stabilisées en
aérobiose

Modulable

Intégration paysagère

Limites:

Phosphore, matériau approprié

Hydraulique, seuil à définir

Maintenance nécessaire

Dimensionnement

- mini 2 m²/hab

(< 2.5 m²/hab)

- accroître la
surface 1^{er} étage
si objectif N-NK

14

Formation Saline les Bains – 26/10/2009





6^{èmes} assises nationales de
L'ASSAINISSEMENT
NON COLLECTIF

Les 30 septembre et 1^{er} octobre 2009 à Evreux



**Les Filtres Plantés de Roseaux (FPR) pour
le traitement des eaux usées
des campings :**

**que peut-on attendre
d'un dimensionnement « réduit » ?**

Catherine BOUTIN Cemagref Lyon
Marc BOUCHER SATESE / CG Dordogne

15 Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Caractéristiques des eaux usées émises

- **Qualité**

- **Effluent concentré**

en mg/L	DBO ₅	DCO	MES	PT	NK	N-NH ₄ ⁺
Moyenne pondérée	355	840	390	16	117	94
<i>mini</i>	220	530	160	9	79	9
<i>Maxi</i>	680	1300	740	33	170	33
Valeurs classiques	330	800	330	13	65	50

- **Effluent déséquilibré en Azote**

2 X plus concentré en Azote mais dans des proportions Norg/Nminéral classiques

Caractéristiques des eaux usées émises

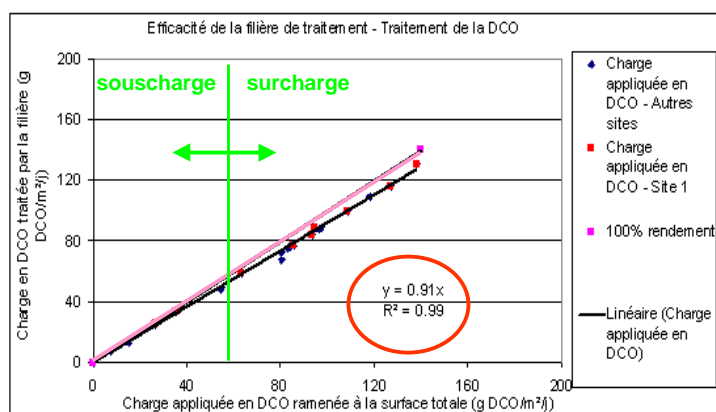
- Définition charge journalière vs campeur

CAMPEUR	organique en g/j					hydraulique en L/j
	DBO ₅	DCO	MES	PT	NK	Vol
Moyenne pondérée	35	80	40	1,4	11	100 L
mini	28	58	27	1,0	10	83 L
Maxi	38	89	42	1,7	13	112 L
Valeur EH	60					
Valeur hab	50	120	50	2	10	150 L
Ratio campeur/hab	0,7	0,66	0,8	0,7	1,1	0,66
<p>La pollution émise était mal connue. Désormais, possibilité de dimensionnement en charges appliquées et par paramètres selon les objectifs attendus.</p>						

Fonctionnement des FPR (camping)

- Efficacité globale : DCO

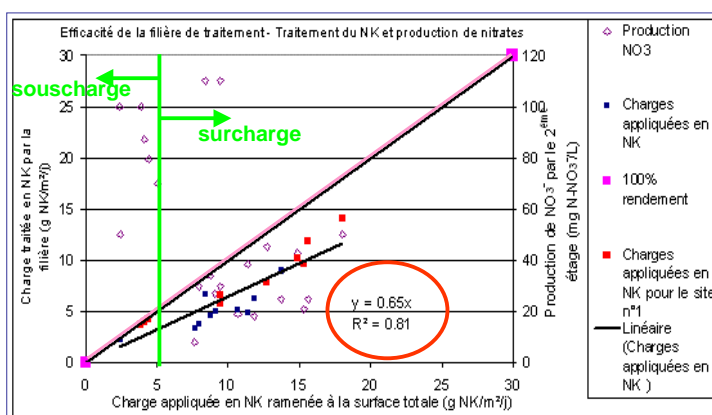
- ouvrages bien chargés ;
- rendements **DCO stables ;**
= 91%



Fonctionnement des FPR (camping)

- Efficacité globale: NK

- ouvrages bien chargés;
- rendements **NK = 65%**



Conseil Général
Dordogne

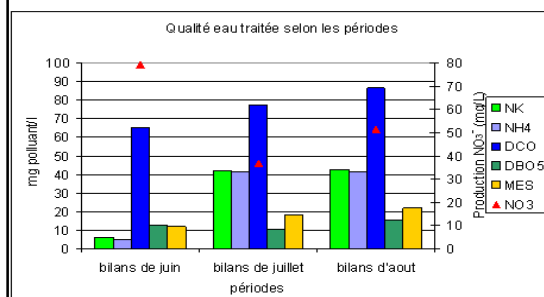
nation Saline les Bains – 26/10/2009

Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Fonctionnement des FPR (camping)

- Qualité du rejet

en mg/L	DBO ₅	DCO	MES	PT	NK	N-NH ₄ ⁺
Moyenne pondérée	13	84	20	13	44	43
mini	6	43	9	7	7	7
Maxi	25	120	43	26	64	63
	QUALITE	EXCELLENTE			MOYENNE	



- Traitement du **C** stable dès le début
- Traitement du **N** moindre à partir du 15 juillet

Conseil Général
Dordogne

Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Fonctionnement des FPR (camping)

La filière « FPR à flux vertical » est adaptée au traitement des eaux usées émises par l'activité **camping** caractérisée par:

- Une pollution en lien étroit avec la **fréquentation**
 - Une absence d'émission en hiver
 - Une montée en charge rapide : 3X en 10 jours
 - Une période de pointe réduite à 5-6 semaines /an
- Les eaux usées sont **concentrées**, de type « domestique » mais **déséquilibrées en N** (pointe >à 150mgNK.L⁻¹)
- 1 campeur. j⁻¹ = 100L
= 35gDBO₅, 80gDCO, 40gMES, 1,4gPt , 11gNK

21

Fonctionnement des FPR (camping)

- La filière FPR est soumise à des conditions extrêmes de surcharges pendant quelques semaines en été.

C'est pourquoi il y a:

- Nécessité d'une **mise en œuvre** rigoureuse selon les règles de l'art de la construction connues en assainissement collectif
- Nécessité d'une **maintenance** stricte des cycles d'alimentation (3j) et repos (7j) au 1^{er} étage

Suite à cette étude, possibilité de proposer (confirmer) des bases de dimensionnement pour les FPR et variations de charge

22

Fonctionnement des FPR (camping)

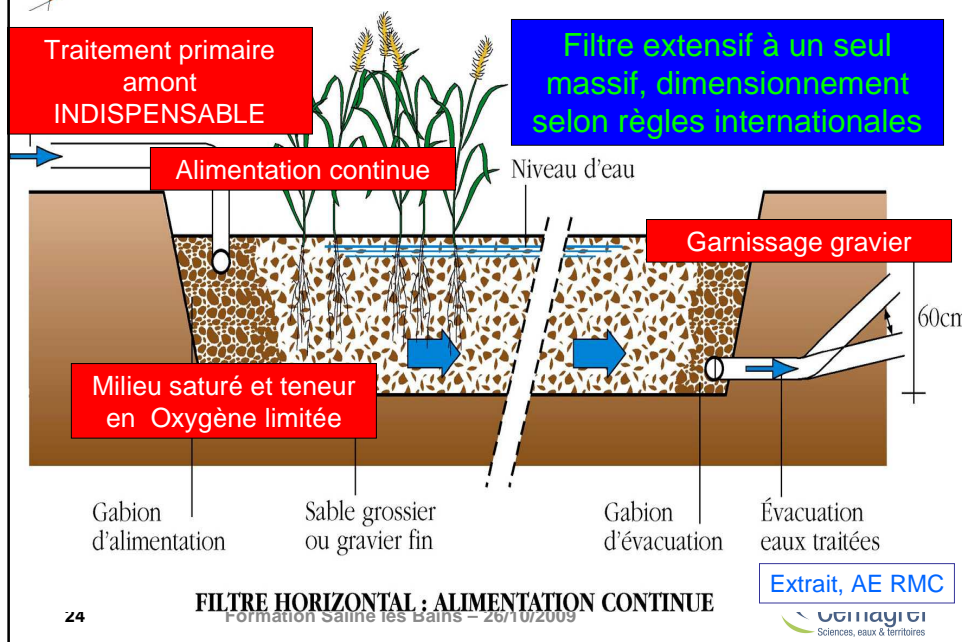
- 2 dimensionnements rapportés à la capacité d'accueil maximale, en campeurs:

Objectif de qualité: Traitement du C et		Dimensionnement en m ² /campeur			Qualité du rejet et rendement attendu	
		1 ^{er}	2 ^{eme}	Total	DCO	NK
traitement du N	partiel	0,4	0,27	0,67	90 mg.L ⁻¹	< 50 mg.L ⁻¹ >60%
	total	0,9	0,7	1,6		< 12 mg.L ⁻¹ >90%

à confirmer suite aux essais actuels : accroissement du nombre de bâchées de plus petites tailles

23

Filtres plantés de roseaux à flux horizontal:FPRh



24

Filtres plantés de roseaux à flux horizontal:FPRh

⇒ 1^{er} équation de dimensionnement :

définit la surface du lit

Équations
de KICKUTH

$$A = \frac{Q}{K} \ln \left(\frac{C_{init}}{C_{rej}} \right) \text{ en m}^2$$

Avec :

Q = débit journalier $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$

C_{init} = concentration initiale de l'effluent en mg/l

C_{rej} = concentration du rejet en mg/l

K = constante en $\text{m} \cdot \text{j}^{-1}$

$$A = \frac{Q}{K} \ln \left(\frac{C_{init} - C^*}{C_{rej} - C^*} \right) \text{ en m}^2$$

C^* = constante d'équilibre dans un marais naturel $\text{m} \cdot \text{j}^{-1}$

Pour chaque situation, il est difficile de définir

K: constante de dégradation (vitesse de dégradation d'ordre 1) et

C* qui caractérise chaque marais.

25

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Filtres plantés de roseaux à flux horizontal:FPRh

⇒ 2^{ème} équation de dimensionnement :

définit la section transversale

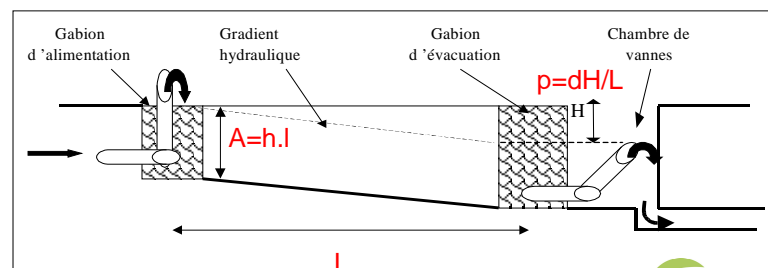
$$As = \left(\frac{Q}{Kf \cdot p} \right) \text{ en m}^2$$

Avec :

Q = débit journalier en $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$

Kf = conductivité hydraulique du milieu en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

P = pente de la ligne d'eau



26

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Filtres plantés de roseaux à flux horizontal:FPRh

Les incertitudes sur les deux paramètres K et K_f ont conduit

- à modifier la conception des lits horizontaux (Cooper, 1990)
- à inciter un fonctionnement hydraulique contrôlé en utilisant un **matériau rapporté** (sable ou gravier).

Au Royaume Uni, le choix du support s'est porté vers le gravier lavé de granulométrie différente suivant les caractéristiques de l'influent: 3-6 mm, 5-10 mm, 6-12 mm (Cooper, 1996).

Attention: PAS de SOL en PLACE!!!

27

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Filtres plantés de roseaux à flux horizontal:FPRh

La surface requise
($A = 2$ à $3 \text{ m}^2/\text{hab}$)
est désormais empirique.


**Le dimensionnement de la section transversale
(A_s) est majoritairement basé sur l'hydraulique.**

Pour un matériau et une hauteur de garnissage donnés, les contraintes hydrauliques conduisent généralement à un ouvrage de forme **plus large que longue** ou éventuellement carrée.

28

Formation Saline les Bains – 26/10/2009







Comparaison FPRv / FPRh

	eaux usées	alternance	alimentation	dimensionnement	hauteur	dénivelé
FPRv	brutes	indispensable	bâchées	2-2,5 m ² .hab ⁻¹	60cm	utile
FPRh	issues 1 ^{er} étage FPRv	non	continue	1 ^{er} étage FPRv + 2 m ² .hab ⁻¹	60cm	inutile
	conditions	charges 2 ^{ème} étage	carbone	nitrification	dénitrification	NGL
FPRv	aérobie		oui	complète	non	>>> NO ₃
FPRh	anoxique	au moins 2,5 X plus faible	oui	partielle	partielle	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻


29 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Comparaison des filtres plantés à flux vertical et horizontal

	Filtres Verticaux	Filtre Horizontal
Eaux usées	Brutes	Pretraitement indispensable
Pollution dégradée	Conditions aérobies C + nitrification	Conditions anoxiques C + dénitrification partielle
Alternance	Indispensable 2 à 3 filtres en parallèle	Pas nécessaire
Alimentation	Bâchées	Continue
Dimensionnement	2 à 2,5 m ² /hab	5m ² /hab (tt secondaire)
Hauteur	60cm à 1m environ	60 cm environ
Pente		1%
Dénivelée terrain	Préférable	Pas nécessaire

30 Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Filtres plantés de roseaux

Les FPRv sont largement développés en France.

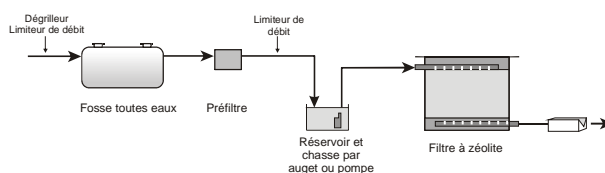
La filière reçoit des eaux usées BRUTES et génère au 1^{er} étage un dépôt aérobie, minéralisée et d'une siccité de 25%.

La filière dispose désormais de bases de dimensionnement, établies de façon empirique certes, mais validées sur le terrain. Son fonctionnement dans le cadre des variations de charges estivales montrent sa robustesse et confirme ses capacités à recevoir des pointes pendant 2 mois d'été.

De nouvelles filières fleurissent régulièrement. Les concepteurs se DOIVENT de fournir des explications d'ordre technique des nouveaux agencements (étage par étage) et ne pas utiliser uniquement l'argument lié à l'innovation.

Description de la filière: données de construction

- Un seul constructeur: Eparco assainissement



- Limiteurs de débit amont et/ou aval FTSE
- Fosse toutes eaux
 - Temps de séjour: 2,2j pour 100EH
 - Temps de séjour: 3,3j pour 50EH
- Préfiltre = fixe = 3m³
- Filtre garni de zéolite
 - 0,6m²/EH
 - soit 25cm de hauteur d'eau / jour
 - pas d'alternance

Bilan enquête SATESE

- Taux de réponse: plus de 80%
- Etat du parc:
 - 175 step dans 29 départements
 - Données disponibles : sur 154 STEP
 - 152 bilans 24h
 - 1369 prélèvements ponctuels
- Implantation entre 1994 et 2007 (pic= 2000)
- Domaine d'application privilégié
 - Taille = 120 EH (10 à 510 EH)
 - Réseau de type séparatif (92%)
 - Nature eaux usées domestiques (96%)
 - Rejet attendu (le plus souvent) :
 - 25 mg/L DBO₅
 - 125 mg/L DCO

33

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Fonctionnement (valeur moyenne)

- Qualité des eaux usées
 - De type domestique classique
 - Forte variabilité classique
 - Plus concentrées que les EU'S admis en FPR (enquête 2004)
 - DCO=810mg/L, N-NK=90mg/l (moyenne par STEP)
- Charge hydraulique : 60-70%
- Charge organique : 67%
- Rendement FSTE sur MES: 62%; DCO:40%
- Charges sur filtres
 - Hydraulique: 15 cm/j
 - Organique: 120 gDCO/m²/j

34

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Comparaison des charges appliquées

d'alimentation et de repos d'un même plateau. Le tableau 31 rappelle les charges surfaciques admissibles théoriques permettant d'obtenir un rejet d'un niveau équivalent D4.

Tableau 31 : Charges surfaciques théoriques admissibles en cultures fixées sur support fin (gravier/sable + phases d'alternance)

en gDCO.j ⁻¹ ramené au m ²	Filtres plantés de roseaux	Infiltration-percolation*	Filtres enterrés*
de la surface totale	48 à 60g	56 g	28 g
de la surface du filtre en 1 ^{er} étage	100 g	56 g	28g
du filtre en fonctionnement	300 g	168 g	84 g

* système précédé d'un ouvrage de décantation (décanteur digesteur ou fosse toutes eaux) dont le rendement sur la DCO est estimé à 30%. Ces systèmes n'ont qu'un étage de filtres, la surface totale et la surface du premier étage sont donc identiques.

La charge organique surfacique, appliquée aux filtres à zéolite en fonctionnement (120 g DCO par m² de filtre) est nettement supérieure aux charges théoriques admissibles fixées aux autres filières, appartenant à la même famille des cultures fixées sur support fin.

35

Formation Saline les Bains – 26/10/2009


 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Classement des STEP

- **Critères qualitatifs: selon le seuil de qualité attendu**
- **Critères « subjectifs »: Degré de colmatage**
- **Classement dans l'une des 4 catégories selon la chronique disponible**

Tableau 34 : classement des STEP en 4 catégories de fonctionnement

	bon fonctionnement	fonctionnement non optimal	dysfonctionnement	fonctionnement non défini	total
Effectif (STEP)	51	15	92	17	175

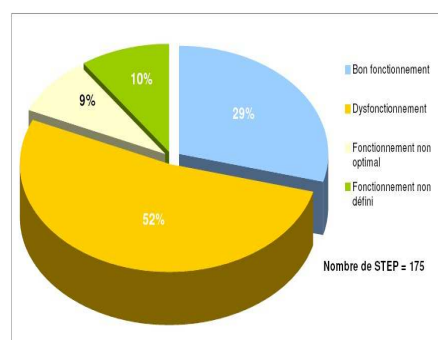


Figure 33 : répartition des STEP au sein des différentes catégories de fonctionnement

36

Formation Saline les Bains – 26/10/2009


 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Les charges appliquées

Tableau 60 : taux de charges hydrauliques des STEP selon des deux catégories de fonctionnement (en %)

	STEP "bon fonctionnement"	STEP "dysfonctionnement"
Moyenne	41,6	55,3
Médiane	40,4	56,8
Écart-type	20,0	17,6
Variance	399,7	309,6
Mini	11,4	8,8
Maxi	85,0	93,5
Effectif (STEP)	44	56

**Différence
significative**

Tableau 62 : taux de charges organiques des STEP selon des deux catégories de fonctionnement (en %)

	STEP "bon fonctionnement"	STEP "dysfonctionnement"
Moyenne	46,5	55,8
Médiane	48,8	55,1
Écart-type	22,6	22,5
Variance	513	507
Mini	3,8	22,2
Maxi	75,0	98,2
Effectif (STEP)	11	30

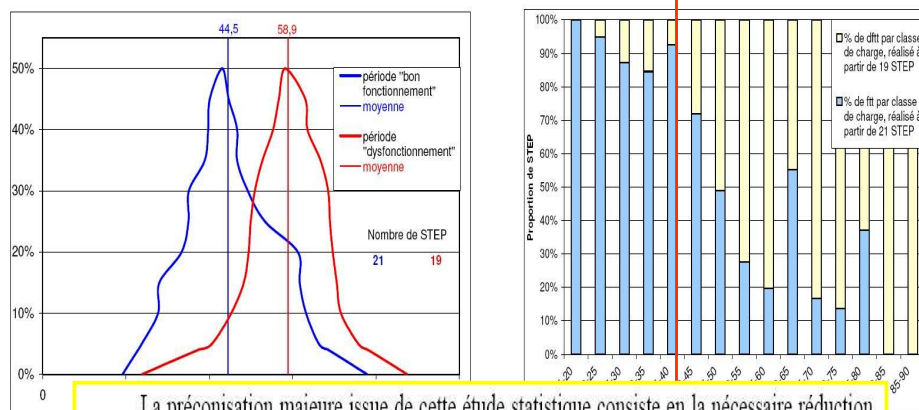
**Absence de
différence
significative**

37

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Découpage en 2 périodes des STEP en dysfonctionnement



La préconisation majeure issue de cette étude statistique consiste en la nécessaire réduction des flux hydrauliques admis. L'objectif d'atteindre un état de "bon fonctionnement" dans 80% des situations, conduit à limiter les charges hydrauliques à un taux de 40% du dimensionnement actuel. Cela revient donc à réduire d'un facteur 2,5 les capacités nominales : un ouvrage dimensionné à l'origine pour 125 EH dispose de fait d'une capacité hydraulique maximale correspondant à 50 EH.

38

ref
sciences, eaux & territoires

Pour plus d'infos

- Document complet disponible sur demande

Cette filière n'est plus proposée en métropole en assainissement collectif.

Elle se poursuit, à dimensionnement identique, pour des tailles au moins équivalentes en ANC: gîtes, hôtels, campings,...

Attention: chez le particulier, le dimensionnement est différent (5m² pour 1 habitation individuel) contre 0,6m²/hab en ensemble regroupé

39

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

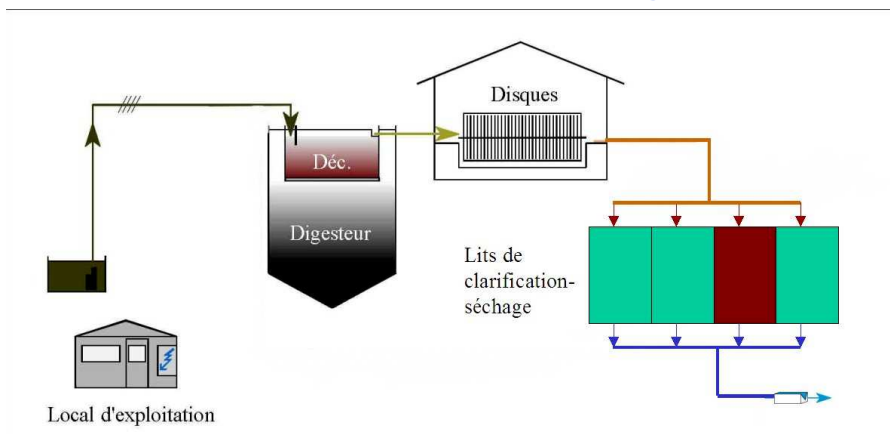


Filtres à zéolite en AC



La recherche de compacité a des limites!!!!

DB + lits de clarification et séchage des boues



Lits de séchage ont 2 fonctions simultanées :
affinent traitement de l'eau,
séparent, stockent et déshydratent les boues biologiques

41

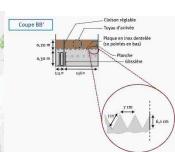
Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Cemagref
 Sciences, eaux & territoires

MSE : DB + lits de clarification et séchage des boues



Répartiteur MSE entre les 4 lignes de disques non satisfaisant et exemple d'un ouvrage mieux conçu utilisé pour la recirculation en FPR



Sciences, eaux & territoires

DB + lits de clarification et séchage des boues

Montségur sur Lauzon :

1000 EH, mise en service en juillet 2004

Tamissage fin à 3mm (10% abattement escompté),

- 4 batteries de disques en // 9240 m² (données constructeur)

Coût 2003 : 460€/EH (en complément d'un lagunage surchargé)

- 4 lits de séchage de 150 m² chacun
- 48 kg de MS/j (0,8 kg de MS/kg de DBO traitée) à 15% de siccité pendant 62,5 mois sur une hauteur de 1 m.

43

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



DB + lits de clarification et séchage des boues

Composition de la couche drainante

- Fond 15 cm de galets 30/60 mm
- 5 cm de gravier 10/20 mm
- 20 cm de gravillon 2/6 mm
- 20 cm de sable grossier 0/5 mm: Vérification de la granulométrie superficielle : 10 cm superficiels d_{10} 0,25mm, d_{60} 1,0mm, CU = 4
- 3 points d'alimentation par lits à partir de 2 pompes de 70 m³/h situées à l'aval des disques: débit spécifique trop faible 35m³/300m² (2 lits alimentés simultanément, soit $\approx 0,1$ m³.m².h)

Bilan SATESE en mai 2006 : (charge 61% en hydrau., 62 % en organique sur DCO) Très mauvaise répartition des boues dans les lits de séchage,



Sortie des lits CS plantés de roseaux :


DCO 46 mg/L, DBO 5 mg/L,
NK 19 mg/L, N-NO₃ 19 mg/L, PT 8,1 mg/L

44

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



 MSE : DB + lits de clarification et séchage des boues			
Bilan Cemagref à Montségur/Lauzon (1000 EH) en décembre 2007			
Charge organique/nominal en DCO	66,8%		
Charge hydraulique/nominal temps sec	88,7%		
Biodisques			
4 lignes de disques en parallèle (surface utile)	9224 m ²		
% de surface utile/données constructeur	94%		
Charge surfacique en DCO	11,6 g/m ² utile		
Abattement moyen en DCO sur éch. AD2H	90,7%		
Abattement moyen sur N-NH ₄ ⁺	96,7%		
Rendement énergétique	0,23 kWh/kg DCO élim.	env. 1,0 kWh/kg de DCO B.A.	
Lits de clarification/séchage			
Dimensionnement	0,6 m ² /EH		
Charge en MES reçue par jour (dim. 48kg au nominal)	55 kg MES/j		
Charge reçue en MES sur la surface globale	33,6 kgMES/m ² /an	Qualité de l'effluent des lits DCO 35,0 mg/L DBO 3,0 mg/L MES 2,8 mg/L NK 1,6 mg/L N-NO ₃ 26,7 mg/L PT 6,8 mg/L	
Charge hydraulique sur le filtre en service	0,89 m/j		
Hauteur Moy. de boues sur les 4 lits après env. 3,5 années	0,18 m		
Teneur en MS des boues	23,5%		
Teneur en MV des boues	54,2%		
Estimation de la perte de MS par minéralisation	18,5%		
Estimation de la perte de MV par minéralisation	46,7%		
45	Formation Saline les Bains – 26/10/2009		

 Questions en suspens à l'issue des mesures de Montségur/Lauzon	
<p>Faible hauteur de boues stockée après 3,5 années de fonctionnement entre juillet 2004 et décembre 2007, confirmée par une visite rapide en août 2009 (environ 20cm en 5 ans dans 2 lits/4)</p>	
<p>Minéralisation importante sur les lits de séchage due :</p> <ul style="list-style-type: none"> • à la charge de seulement 33,5 kg MES/m²/an ? • à une production de boues moindre des DB ? • à une qualité de boues spécifiques des DB/boues activées ? • aux flux hydrauliques importants d'eau saturée en O₂ et chargée en N-NO₃ ? • au climat favorable dans le sud de la Drôme ? 	
<p>Phénomène équivalent pour les boues d'un lit bactérien Rhizopur ?</p>	
46	Formation Saline les Bains – 26/10/2009

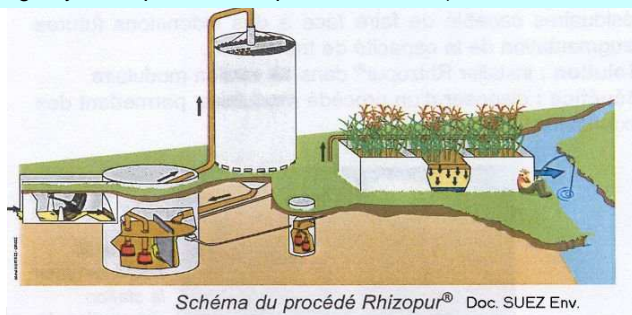
Lit bactérien + lits de clarification et séchage des boues Procédé Rhizopur – Lyonnaise des Eaux

Lit bactérien moyenne charge à recirculation (0,6 kg DBO/m³/j) HAMON

Garnissage Crosspack 165m²/m³ Hauteur : 2,66 ou 3,66 m Modules de base 15 m² (gabarit camion) Charge hydraulique 2,5 à 3,5m³/m²/h

Distribution par répartiteur motorisé, 6 rampes d'arrosage 3 points en alternance

Augmentation du Sk (force d'érosion) 60 à 80 L/m²/tour (variable selon hauteur en fonction de la charge hydraulique obtenue par recirculation)



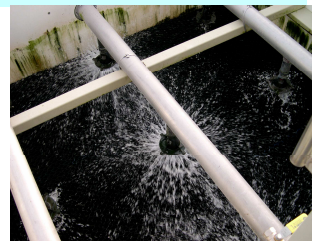
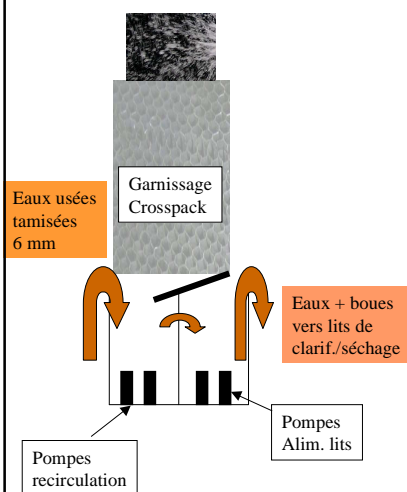
47

LB + lits de clarification et séchage des boues

Schéma de principe

Passage de la bêche de recirculation à la bêche d'extraction vers les lits par débordement

Dispositif de rotation alimentant les distributeurs pour ajustement du Sk (moteur de 370W, régulation par pignons ou variateur de fréquence (peu coûteux pour faible puissance))



48

Formation Saline les Bains

Iagref
Sciences, eaux & territoires

LB + lits de clarification et séchage des boues

□ Développement de la filière

- 44 stations construites et 7 en projets en juillet 2007

- Taux de charge et performances de 26 stations contrôlées par les SATESE

	Charge hydraulique	Charge organique
Moyenne	54 %	25 %
MAX	219 %	65 %
Min.	6 %	4 %

%	DCO	DBO	MES	NK
Moyenne	85	94	93	82
MAX	97	99	99	98
Min.	33	70	82	44

49

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



LB + lits de clarification et séchage des boues



Date de mise en service 2004
Capacité 800 EH
144 m³/j – 48 kg DBO₅/j

Relèvement
Dégrilleur
Lit bactérien 80 m³
Filtres plantés 400 m²(3 casiers)
0.50 m²/EH

Investissement 384 k€ dont 53 %
en génie civil et terrassement
Ardes sur Couze (63)

50

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



LB + lits de clarification et séchage des boues



Ardes sur Couze (63)

Date de mise en service 2004
Capacité 800 EH

Charge hydraulique 84 %
Charge polluante 35 %

Résultats : 2009

DBO5 10 mg/L rendement 93%
DCO 51 mg/L rendement 84 %
MES 26 mg/L rendement 81 %
NK 2.8 mg/L rendement 97 %

Consommation électrique :
3.6 Kwh/kg DBO5

Production de boues
3 à 8 cm

Des points d'alimentation bouchés ?

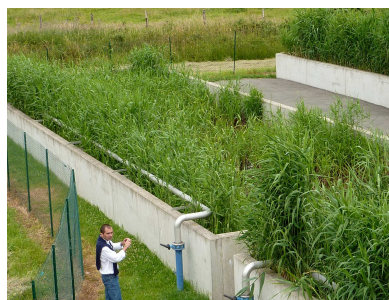
51

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Cemagref
Sciences, eaux & territoires

LB + lits de clarification et séchage des boues

- **Problèmes de fonctionnement à Ambierle (42)**
 - Charge hydraulique 130%
 - Charge organique 40%
 - Mauvais développement des roseaux dans certains lits
 - Flaquage important dans les lits
 - Conditions anaérobies dans la porosité de la couche drainante
 - O_2 2 à 10% (atmosphère 20,9%)
 - CO_2 10 à 15% (atmosphère 0,038%)
 - CH_4 détecté (présence de poches)
 - Conditions trop difficiles pour le roseau
 - Mise à l'air de la couche drainante insuffisante (regards étanches)
 - Granulométrie de la couche superficielle ≠ de celle de La Pacaudière ??



52

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Sciences, eaux & territoires

Conditions de fonctionnement comparées des divers filtres/lits à roseaux			
	1 ^{er} étage FPR eaux usées	Lits de séchage boues	Lits clarification/séchage
Nombre lits	3	6 minimum	3 ou 4
Dimensionnement	1,2 m ² /EH	≈ 0,3 m ² /EH	≈ 0,5 m ² /EH
Charge hydraulique sur le filtre en opération	37 cm.j ⁻¹	16 cm.j ⁻¹ pour 6 lits (50kg MES/m ² /an et 5 kg de MES/m ³ dans le Bassin Aération)	60 à 120 cm.j ⁻¹ (110 m/an sur tous les lits, alim. répartie sur 1 ou 2 lits)
Charge MES	45 g MES.m ⁻² .j ⁻¹	≈ 140 g MS.m ⁻² .j ⁻¹	100 à 140 g MES.m ⁻² .j ⁻¹
Q alimentation	0,5 m ³ .m ² .h	> 0,25 m ³ .m ² .h	0,2 m ³ .m ² .h
Période de repos	2 sur 3	Dépend du nombre n de lits (n-1 x sem. Alim)	
Apports	8 à 10 fois/j	1 fois/j	10 à 15 fois/j
53	<p>Pour les filtres utilisés comme clarification/séchage des boues les conditions sont contradictoires : grande surface unitaire donc peu de lits pour l'hydraulique mais déshydratation nécessite théoriquement des temps de repos longs</p>		

Épandage souterrain: 2 réalisations possibles


d'après circulaires du 22 mai 1997 et du 20 août 1984 (abrogée) relatives à ANC

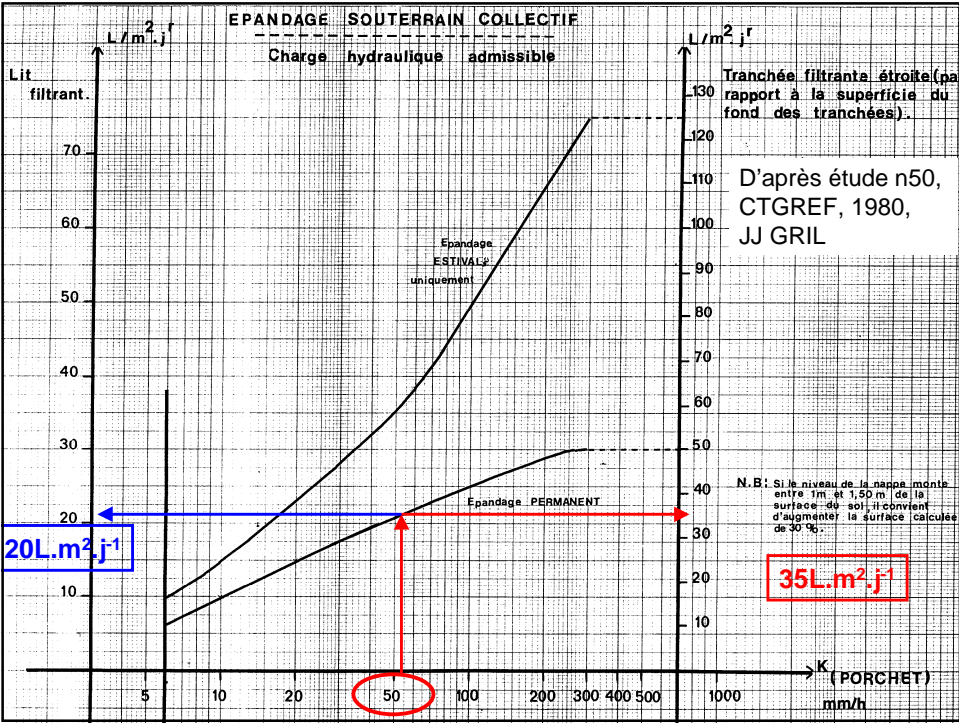
TRANCHEES FILTRANTES

LIT FILTRANT

54

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

 Cemagref
Sciences, eaux & territoires



Adaptation aux spécificités locales:
Choix des végétaux

Canna sp.

Thypha à Totorossa

Thysanolaena maxima

Dieffenbachia sp.

56

Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Adaptation aux spécificités locales: Choix des granulats



Carrière abandonnée de pouzzolane
Mayotte

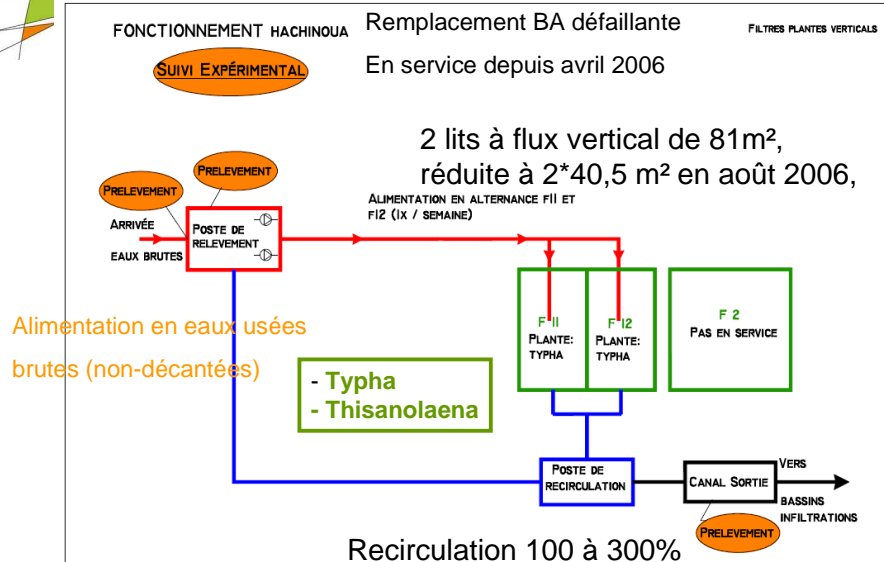
➤ Filtres horizontaux

- Couche filtrante : 0,80 m de gravier 2/4
- **Couche filtrante : 0,6 m de pouzzolane 4/12**
- Couche intermédiaire : 0,05 à 0,15 m de gravier 6/10
- Couche drainante: 0,15 m de gravier 20/40 à 30/60

■ Pas de sable pour 2nde étage vertical – donc recirculation !

57

Formation Saline les Bains – 26/10/2009




58


Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Quartier d'Hachenoi - Mayotte
commune de Tsingoni



59 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Quartier d'Hachenoi - Mayotte
commune de Tsingoni

Caractéristiques nominales de la station :

Capacité	160 EH
Dimensionnement	1 m ² /EH
MES	14,40 kg/j
DCO	19,20 kg/j
DBO ₅	9,6 kg/j


Niveau de rejet: D4, d'après circulaire du 17 février 1997, et conforme à l'arrêté du 6 mai 1996

DCO	125 mg/l
DBO ₅	25 mg/l
MES	30 mg/l

Concentration maximale sur échantillon moyen de 24h

Depuis août 2006 : seulement 50 % de la surface en service

60 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Date 10/4/09						
Analyses entrée	DCO brute	DCO filtré	DBO5	DCO/DBO5	MES	MVS
	848 mg/L	300 mg/L	386 mg/L	2,20	244 mg/L	422 mg/L
Analyses dans poste de refoulement	DCO brute	DCO filtré			MES	
	285 mg/L	202 mg/L				
Analyses sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5	DCO/DBO5	MES	MVS
	165 mg/L	91 mg/L	74 mg/L	2,23	23 mg/L	68 mg/L
Rendements concentrations entrée/sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5		MES	MVS
	80,54%	69,60%	80,83%		90,78%	83,89%
Rendements charges entrée/sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5		MES	MVS
	77,43%	64,74%	77,76%		89,30%	81,31%
Charges par m ² de surface tot	DCO brute	DCO filtré	DBO5		MES	MVS
	142 g/m ²	50 g/m ²	65 g/m ²		41 g/m ²	71 g/m ²
Taux de dilution recirculation/entrée	606,67%	170,76%			-1184,44%	
Taux de recirculation en fonction du débit	85,88%					

61

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



HACHENOI						
Date 24/6/09						
Analyses entrée	DCO brute	DCO filtré	DBO5	DCO/DBO5	MES	MVS
	1622 mg/L	1622 mg/L		#DIV/0!	1054 mg/L	
Analyses dans poste de refoulement	DCO brute	DCO filtré			MES	
Analyses sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5	DCO/DBO5	MES	MVS
	67 mg/L	64 mg/L		#DIV/0!	16 mg/L	
Rendements concentrations entrée/sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5		MES	MVS
	95,87%	96,05%	#DIV/0!		98,45%	#DIV/0!
Rendements charges entrée/sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5		MES	MVS
	95,01%	95,23%	#DIV/0!		98,13%	#DIV/0!
Charges par m ² de surface tot	DCO brute	DCO filtré	DBO5		MES	MVS
	310 g/m ²	310 g/m ²	0 g/m ²		201 g/m ²	0 g/m ²

62

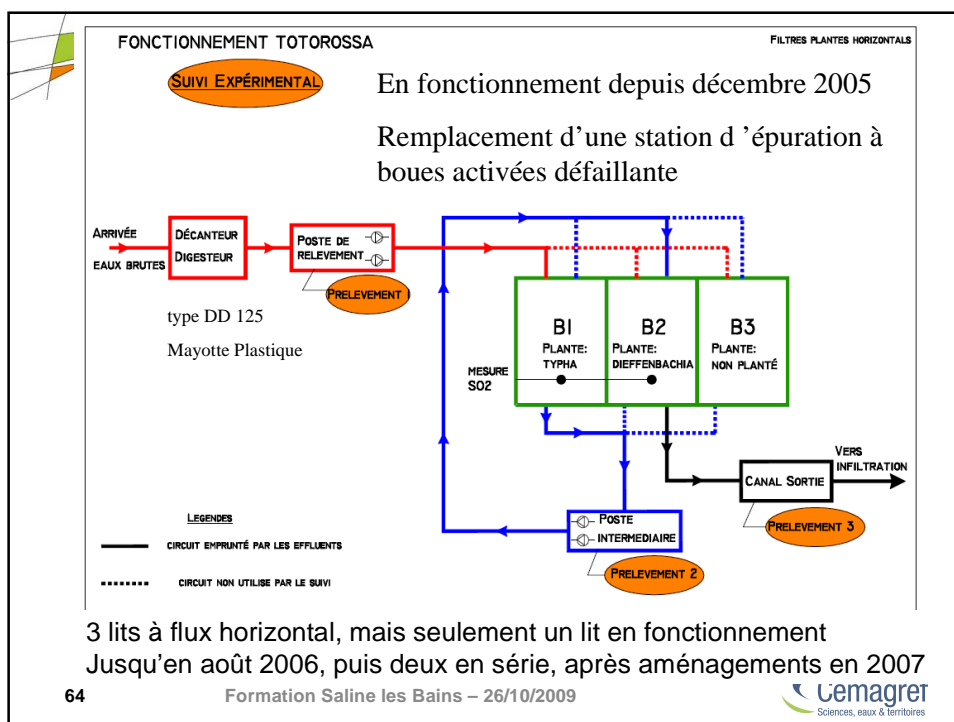
Formation Saline les Bains – 26/10/2009





**Remplacement d'une station existante
par 1 étage à percolation horizontale Totorossa - Mayotte**

63 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Quartier Totorossa - Mayotte
commune de Dzaoudzi-Labattoir

➤ Surface : 3 * 150 m²

➤ Végétaux :

- 1^{er} lit : *Thypha latifolia* – 1^{er} Lit alimenté
- 2^e lit (seul lit en fonctionnement depuis août jusqu'au fin 2006) : *Dieffenbachia sp.* Et *Canna sp* – Plantes arrachés en été 2009 (moustiques) – 2nd lit alimenté
- 3^e lit : *Thysanolaena maxima* – Plantes disparues – non alimenté



65 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Quartier Totorossa - Mayotte
commune de Dzaoudzi-Labattoir

Caractéristiques de la station :

Capacité	145 EH
Dimensionnement	3 m ² /EH
MES	8,7 kg/j
DCO	17,4 kg/j
DBO ₅	8,7 kg/j


Niveau de rejet:

DCO	125 mg/l
DBO ₅	25 mg/l
MES	30 mg/l

Caractéristiques de la station :

DCO	6,6 kg/j après traitement primaire
% mise en oeuvre	33 %
Dimensionnement	2 m ² /EH

66 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

 Cemagref
Sciences, eaux & territoires

Le rôle des végétaux

Table 2: Concentrations measured at the outlet of each filter bed
(A: *Thysanolaena maxima*, B: *Dieffenbachia*, C: *Typha*).

Dates		01/12	01/26	02/09	02/23	04/10	04/25	05/15	05/29	06/12
COD	A					37	28	36	39	31
	B	51	42	85	68	84	78	61	48	54
	C	66	62	84	95	78	70	142	115	97
SS	A					0	10	0	2	10
	B	3.5	3	8	5	48	2	0	2	0
	C		5	8	9	0	10	2	4	0
Total N	A					12	9.6	52	18.5	10.5
	B	47	43	37	39	49	44.8	38	27.6	33
	C	42	42	45	43	46	47	47	56	59
NH4-N	A					9.4	7	8	12	9
	B					42.5	43	35	25	25
	C					40	42	45	54.4	53
PO4	A					8.3	6.1	7.7	13.9	10.8
	B	23	23	3		26.8	25.3	23.2	20.4	19.5
	C	22	21	23		28	18.5	33.4	41.4	35.7

67

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Développement racinaire au bout de 6 mois



Racines de *Tisanolena*
Le chevelu de racicelles est plus développé



Racines de *Dieffenbachia*



Racines de *Typha*



Gros plan sur la pouzzolane en place qui révèle une grande hétérogénéité de la granulométrie

1ers résultats Juin 2006

Table 4: Inlet and outlet concentrations and loads in Hachenoua pilot plant for the period of 22nd to 27th of June 2006.

23/06/2006 (considering 15m ³ in 24h)	Inflow		Load as per total filter area g.m ⁻² .d ⁻¹	Outflow Mg.L ⁻¹	Removal rate
	Mg.L ⁻¹	Kg.d ⁻¹			
COD	710	10.650	65.7	63.0	91%
SS	314	4.710	29.1	n.d.	Probably >90%
Total N	73	1.095	6.7	25.5	65%
NH ₄ -N	60.8	0.912	5.6	3.1	95%
PO ₄ -P	31.6	0.474	2.9	6.2	80%

With a recirculation rate of 200 %, the hydraulic load was 55.5 cm per day on the bed in operation.

69

Formation Saline les Bains – 26/10/2009




4.2.2 Bilan organique

Date des analyses		07/09/2006			15/09/2006		
		Entrée	Sortie	Rendement	Entrée	Sortie	Rendement
DCO	mg/l	675	55	91,8%	606	54	91,1%
	kg/jr	4,759	0,390		6,648	0,595	
P _{tot}	mg/l	17	7,6	55,3%	16,1	8,5	47,5%
	kg/jr	0,120	0,054		0,177	0,093	
N _{tot}	mg/l	120	7	93,9%	80	41	48,8%
	kg/jr	0,846	0,051		0,878	0,450	
N-NO ₃	mg/l	0,4	1,1	-175,0%	1,5	1,6	-6,7%
	kg/jr	0,003	0,008		0,016	0,018	
N-NO ₂	mg/l	0,25	0,05	78,9%	0,22	0,20	8,1%
	kg/jr	0,002	0,000		0,002	0,002	
MES	mg/l	177,5	7,0	96,1%	194,0	7,5	96,1%
	kg/jr	1,251	0,049		2,128	0,082	
Coliformes totaux (col/100 ml)		17 800 000	100 000	5,62 x 10 ⁻³	19 200 000	100 000	5,21 x 10 ⁻³
Escherichia.coli (col/100 ml)		6 400 000	<100 000	1,56 x 10 ⁻²	5 300 000	750 000	1,42 x 10 ⁻¹
Entérocoques (col/100 ml)		<1 000 000	<100 000	< 10 ⁻¹	<1 000 000	100 000	> 10 ⁻¹

70

Formation Saline les Bains – 26/10/2009







Toto Rossa 12 février 2009

environ 7,5 m³/j

entrée	DCO brute	DCO filtré	DBO5	DCO/ DBO5	MES
	322 mg/L	290 mg/L	141 mg/L	2,28	443 mg/L
sortie	DCO brute	DCO filtré	DBO5	DCO/ DBO5	MES
	22 mg/L	14 mg/L	7 mg/L	2,97	6 mg/L

71

Formation Saline les Bains – 26/10/2009





Premiers enseignements

- **Dysfonctionnement par pannes et/ou vandalisme**
 - Passage plus fréquent, reprise chambre de vannes, simplification automatisme, disparition des plantes
- **Moustiques à TOTOROSSA en filtres horizontaux**
 - apport de matériaux fins (4/6) à la surface du filtre pour que les moustiques ne puissent pas accéder à la zone en eau située à environ 20 cm sous la surface du filtre,
 - Destruction des plantes de type Dieffenbachia présentant des risques de gîtes larvaires
- **Incohérences analytiques (problème de réactifs, méthodes d'analyses ?)**
 - Envoi prélèvement pour analyses au Cemagref de Lyon
- **Programme en cours et suivi 2008-2010;**
- **Installation en souscharge organique et hydraulique**

72

Formation Saline les Bains – 26/10/2009





Contraintes

- la nature des eaux usées à traiter,
- les contraintes du milieu récepteur,
- les contraintes naturelles du site,
- les contraintes économiques et,
- les contraintes subjectives.

74

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



1 Nature des eaux usées à traiter

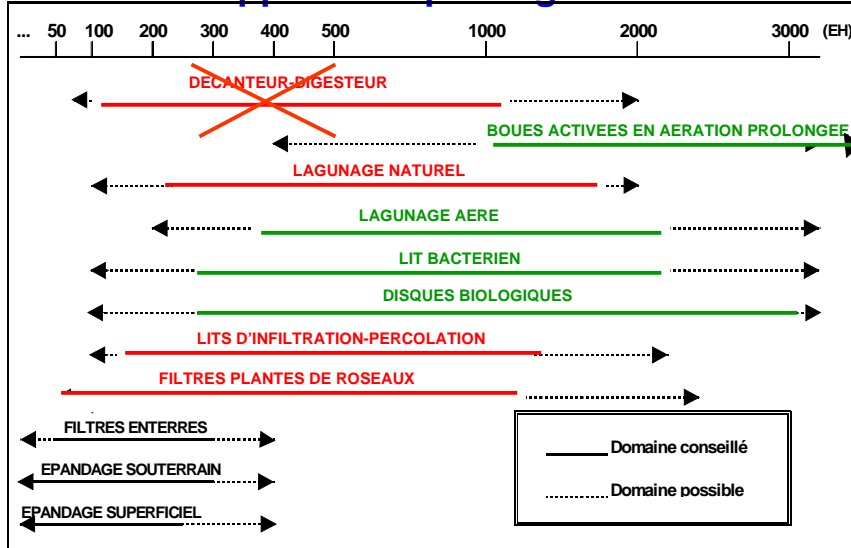
- **Quantitatif :**
variation de population
taille : domaine d'application privilégié
- **Qualitatif :**
réseau / station
domestiques + industries agro-alimentaires.

75

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



Domaine d'application privilégié extrait FNDAE 22



76

Formation Saline les Bains – 26/10/2009



2 Contraintes du milieu récepteur

➤ Si exutoire de surface

- ANNEXE 1 : « PERFORMANCES MINIMALES ... <120KG/J DBO₅ (1) »

■ **Tableau 1**

Paramètres (*)	Concentration à ne pas dépasser	Rendement minimum à atteindre
DBO ₅	35mg/L	OU 60%
DCO		60%
MES		50%

(*) pour les installations de lagunage, les mesures sont effectuées exclusivement sur la DCO mesurée sur échantillons non filtrés

Si zones sensibles :

- azote global (BA, Ep , lag nat)
- phosphore (lagunage ou BA + physico-chimie)
- objectif sanitaire (lagunage ou Inf-percolation)

77

➤ Si absence d'exutoire de surface



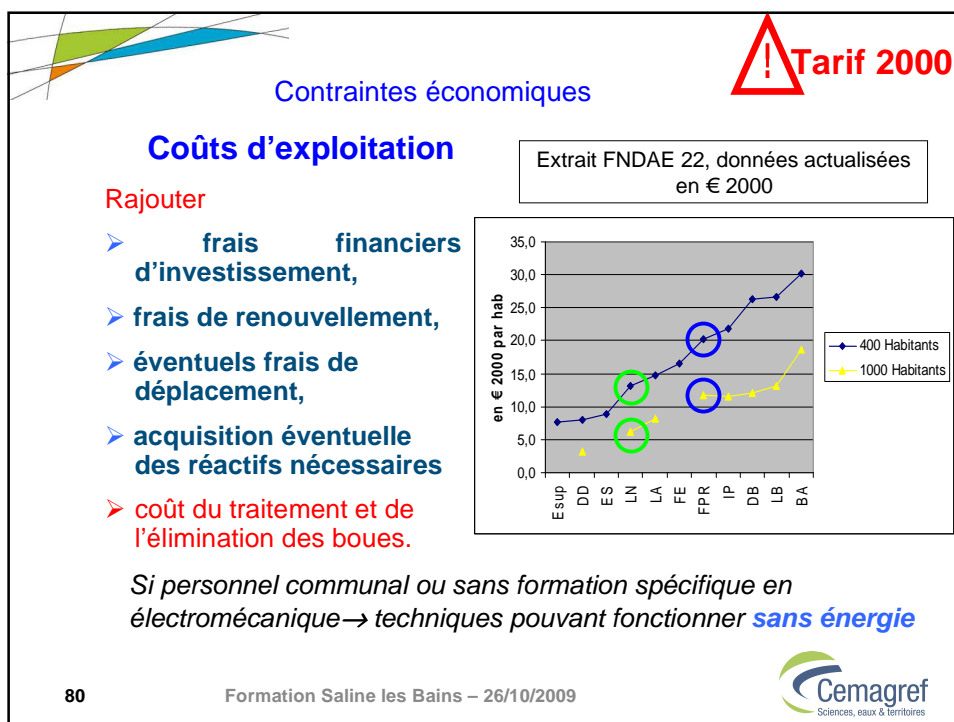
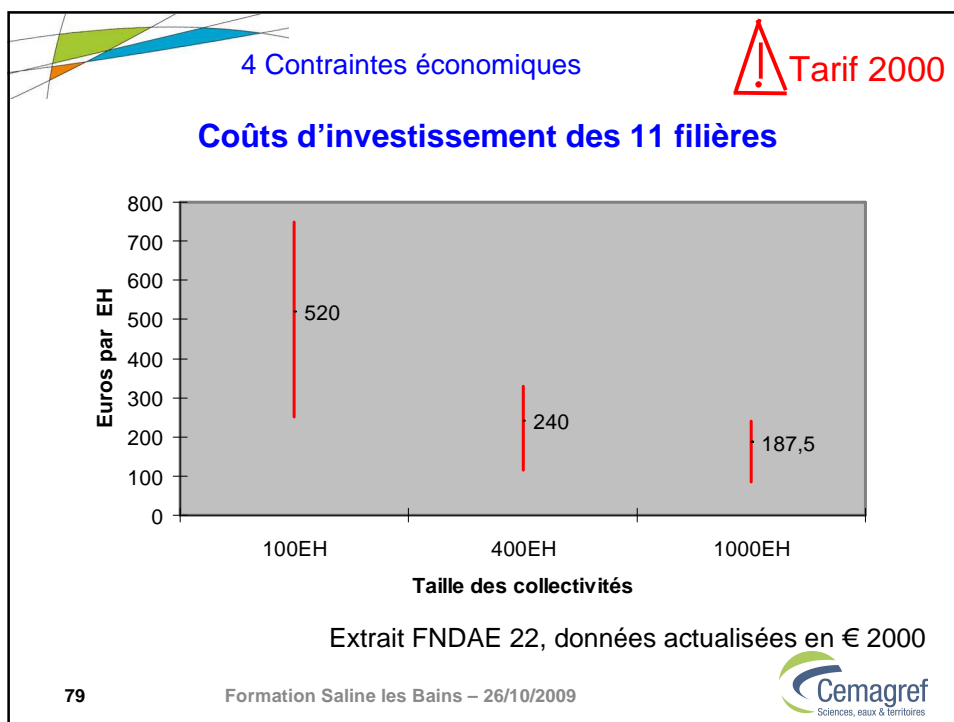
3 Contraintes naturelles du site

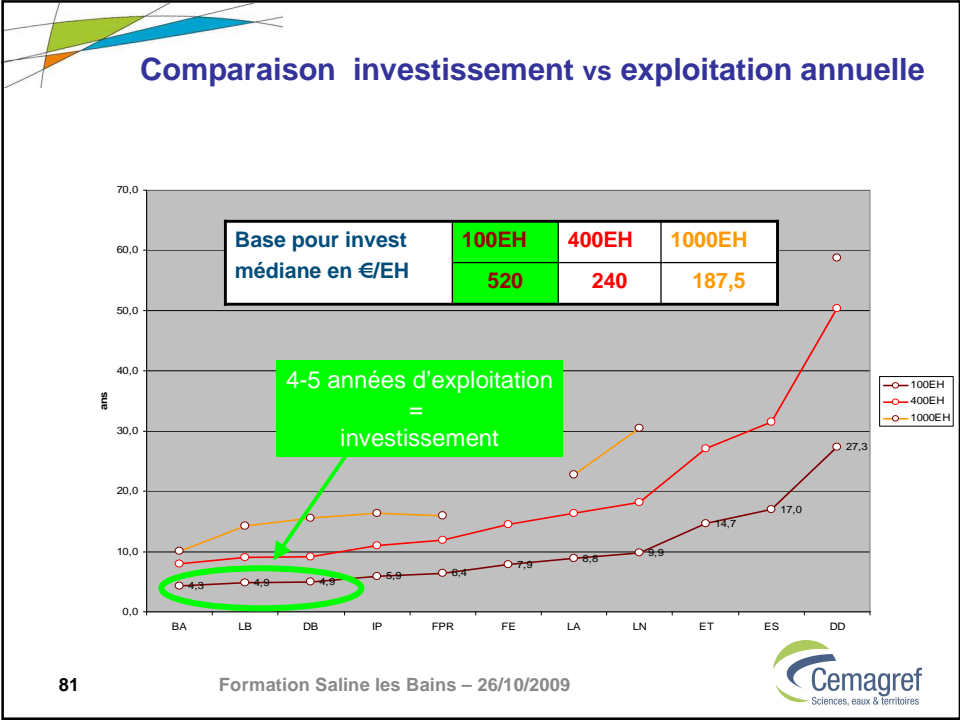
- **étude préalable (pédologique, géologique et hydrogéologique):**
perméabilité du sol , rejet dans le sous sol (*filtres*)
- **pente naturelle :** dénivelé d'au moins 3-4 m (*siphons et ressuyage des filtres*)
- **climat :** certaines filières sont sensibles aux très faibles températures
- **emprise au sol :** pour 400 EH
intensifs $\simeq 200 \text{ m}^2$;extensifs $\simeq 7\,000 \text{ m}^2$

78

Formation Saline les Bains – 26/10/2009







Contraintes économiques
Qualité et quantité de boues extraites

			Les boues extraites			Destination à privilégier
	Filières	Nature de la stabilisation	Siccité % MS	Volume extrait	Fréquence extraction	
Lag	naturel	anaérobie	<< 1%	1,2 à 3 m³/hab.	10 à 13 ans	Agricole
		médiocre	≈ 1%	10 m³	1 X par an	?
	aéré	anaérobie	<< 1%	≈ 1 m³/hab.	1 X par an	Agricole
FSTE	F.Ent, E.Sout	anaérobie	≈ 1%	400 L/hab.	3 ans	Mat.vidange
Dig	Inf-perc	anaérobie	≈ 5%	90 L/hab.	2 X par an	Agricole
	LB, DB		≈ 5%	120 L/hab.	2 X par an	Agricole
BA		aérobie + anaérobie dans le silo	≈ 2,5% (épais. statique)	80 L/hab.	2 X par an	Agricole
FPR		aérobie	> 20 %	100 à 200 L/hab.	10 ans	Agricole et adap plan d'épandage

82 Formation Saline les Bains – 26/10/2009

Cemagref
Sciences, eaux & Territoires

5 Contraintes subjectives

➤ impacts

olfactifs,
auditifs
visuels

➤ effet de « mode »



**Merci
pour votre attention !**

