

La Phytoépuration:

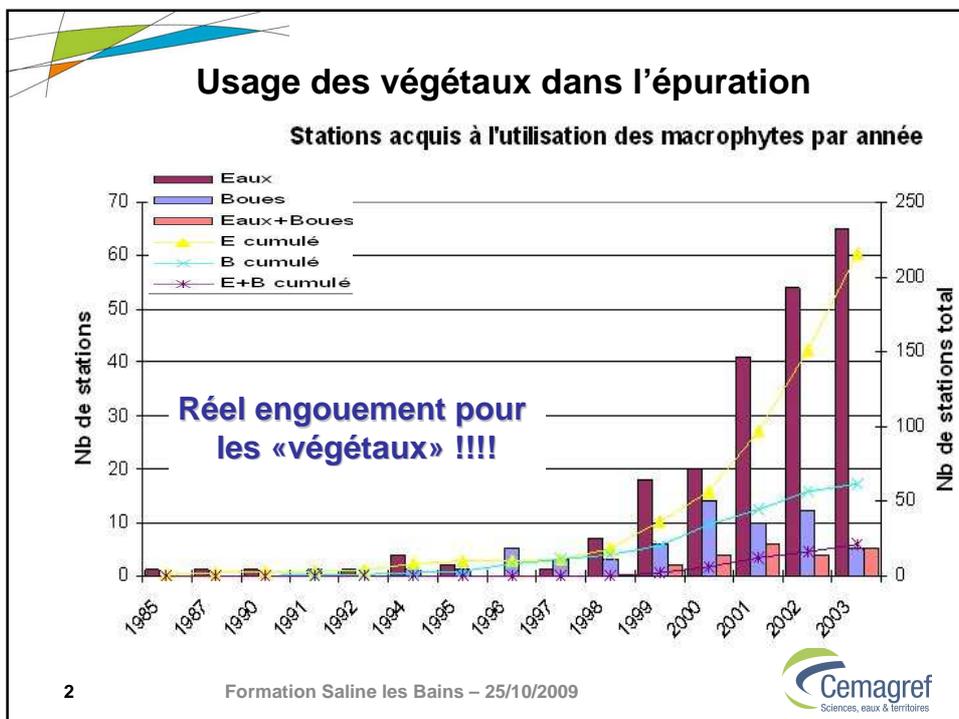


**Épuration par les plantes?
ou les bactéries?**

Catherine BOUTIN
catherine.boutin@cemagref.fr



Cemagref
Sciences, eaux & territoires





Plan de l'exposé

- Les filières de traitement existantes
- Les plantes et les paramètres caractéristiques d'un traitement
- Pourquoi implanter du végétal?
- Conclusion

3 Formation Saline les Bains – 25/10/2009




Filières d'épuration utilisant des végétaux

- **Traitement des eaux usées**
 - **Traitement complet**
 - *Lagunage naturel / à macrophytes*
 - *Filtres plantés de roseaux à flux vertical ou horizontal*
 - *Épandage sur sol en place et plantation (peuplier,...)*
 - **Traitement supplémentaire**
 - *Zone de dissipation végétalisée*
 - *Taillis à très courte rotation (saules) / Bambous*
- **Traitement des eaux usées et des boues**
 - *Lit bactérien + lits de clarification et séchage plantés de roseaux*
 - *Disques biologiques + lits de clarification et séchage plantés de roseaux*
- **Traitement des boues**
 - *Lits de séchage plantés de roseaux pour boues biologiques / matières de vidange/ boues primaires*

4 Formation Saline les Bains – 25/10/2009

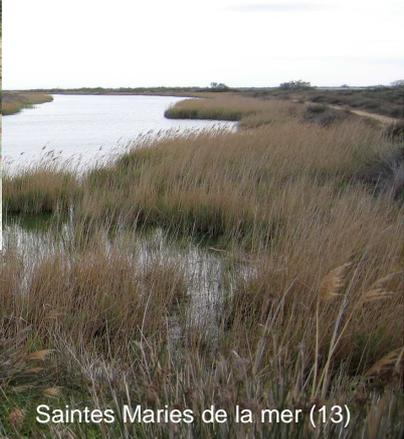


Le lagunage



Satèse 38

Évacuation mécanique des végétaux

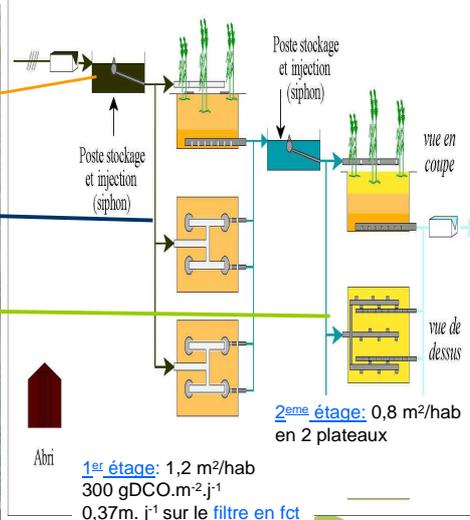


Saintes Maries de la mer (13)

Sciences, eaux & territoires

Les filtres plantés de roseaux à flux verticaux





Poste stockage et injection (siphon)

Poste stockage et injection (siphon)

vue en coupe

vue de dessus

Abri

1^{er} étage: 1,2 m²/hab
300 gDCO.m⁻².j⁻¹
0,37m. j⁻¹ sur le filtre en fct

2^{ème} étage: 0,8 m²/hab
en 2 plateaux

6 Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Sciences, eaux & territoires

Comparaison des FPR à flux vertical et horizontal

	<i>Filtres Verticaux</i>	<i>Filtre Horizontal</i>
Eaux usées	Brutes	Pretraitement indispensable
Pollution dégradée	Conditions aérobies C + nitrification	Conditions anoxiques C + dénitrification partielle
Alternance	Indispensable	
Aliment		
Dimens		
Hauteur	60 cm à 1 m environ	60 cm environ
Pente		1%
Dénivelée terrain	Préférable	Pas nécessaire

Attention:
dénominations très proches
mais domaines d'application fort différents

7 Formation Saline les Bains – 25/10/2009 



Epanchage sur sol et peupleraie



Distribution



Recueil possible d'une partie du rejet



Abbas les Mines (24)

9 Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Les Zones de Dissipation Végétalisées

- **Ouvrage/ aménagement entre le rejet de la STEU et le milieu**
- **Objectifs réglementaires : rejet STEU et non pas rejet ZDV**
- **Fort développement en 10 ans**



Perigneux (42)



Trets (83)



Quingey (25)

/10/



Les Taillis (de saule) à Très Courte Rotation: TTCR

Programme européen WildWater AILE (Rennes)

Site expérimental de La Prénessaye

3 hectares de taillis de saule pour la valorisation des eaux usées prétraitées de l'usine de produire des plaquettes de bois pour le chauffage.

Porteur du projet : Société Nouvelle LIOGEL



Suivi de la culture

- **Plantation** (mars 2006 et avril 2006)
 - 1 ha à l'aide d'une planteuse spécifique et de variétés sélectionnées (GIGENA, BUCKEL, AIGRE, TORSA)
 - 2 ha manuellement, variétés sélectionnées (BUCKEL, TORSA, TORSA, LIOGEL)
- **Breuvages** : travail après la plantation
 - Coupe des tiges à 10 cm du sol pour un développement en taillis.
- **Irrigation** : travail de maintenance
 - Fertilisation des effluents traités par un système de goutte à goutte enterré.
- **Récolte** : fin mai, début juin
 - Tout d'une machine prototype.

Études en cours (2005 - 2007)

- **Suivi expérimental** : Suivi expérimental en vue de la qualité de l'eau de la nappe Nivo.
- **Étude économique** : Bilan économique de la filière et stratégie de développement à grande échelle.
- **Étude d'impact sur l'environnement** : Impacts de la culture sur la biodiversité, les paysages et l'érosion du sol.



11

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Les Taillis (de saule) à Très Courte Rotation: TTCR



Traitement par lagunage aéré



Tamis



Distribution sous pression



TTCR

12

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Les Bambous



- 2 installations à l'aval de STEU: Saint Leu (île de la réunion) et Vezins (49)
- Vezins: 2280 EH, 2007
 - Réseau unitaire
 - FPR + 3 lagunes + 1,1ha Bambous
- Bambous: 1245 EH
 - Micro filtration
 - Distribution sous pression par tuyaux enterrés
 - 25 à 100% du débit, le résiduel rejoint directement la rivière.
- Objectif: 0 m³ pendant les 3 mois d'étiage

13

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



LB + lits de clarification et séchage des boues

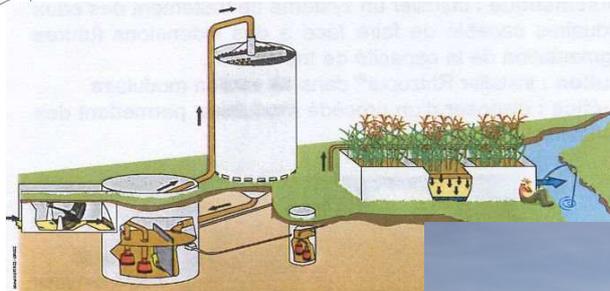


Schéma du procédé Rhizop



14

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



DB + lits de clarification et séchage des boues

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

15 Formation Saline les Bains – 25/10/2009 Cemagref
Sciences, eaux & Territoires

Traitement de boues biologiques par lits de séchage plantés de roseaux

Vue de dessus

Vue en coupe

Danemark

Station traitant **2 200 t MS/an**
 Soit une capacité d'environ **125 000EH**
 pour boues activées (2/3) et digérées
 (1/3) collectées aux alentours
Surface de lits ≈ 6ha

16 Formation Saline les Bains – 25/10/2009 Cemagref
Sciences, eaux & Territoires

Traitement de boues primaires par lits de séchage plantés de roseaux

Station expérimentale d'Aurignac (31) dans le cadre d'un projet européen LIFE 300 EH




- 4 lits de séchage
- 1 ou 2 séquences de 3 minutes / jour



Zone de décantation et extraction des boues primaires

Plan de l'exposé

- Les filières de traitement existantes
- Les plantes et les paramètres caractéristiques d'un traitement
- Pourquoi implanter du végétal?
- Conclusion

18

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Végétaux et caractérisation d'un rejet de STEU

- Carbone / Matière Organique: DCO-DBO₅
- MES

- Azote
- Phosphore

- Germes témoins de contamination fécale
- Micro-polluants et éléments métalliques
- ...

- **Hydraulique (rejet zéro)**

19

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Végétaux et caractérisation d'un rejet de STEU

- Carbone / Matière Organique: DCO - DBO₅
 - par la photo synthèse, le végétal fixe du C de l'air = CO₂
 - La matière carbonée dissoute des eaux usées est dégradée par des bactéries aérobies ou anaérobies, libres ou fixées selon les filières

- Le végétal ne dégrade pas les MES
 - Le végétal peut contribuer à faciliter la décantation des MES particulaires.
 - Les micro-algues peuvent contribuer à accroître les MES mesurées dans le rejet

- **Le végétal n'a AUCUN impact direct sur la réduction du carbone de la Mat Organique**

20

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Le Phosphore

Exportation potentielle	à l'année	$g/m^2/an$	3	15
	en 6 mois	$g/m^2/j$	0,016	0,082
	1 habitant		2	
Source	résiduel à l'aval d'une BA	$g/j/hab$	si absence déphosphatation	1,2
			si déphosphatation	0,4
Surface nécessaire pour une rétention à 90% 6 mois par an	m^2 /hab		sans traitement	110 22
			si absence déphosphatation	60,8 12,2
			si déphosphatation	12,5 2,45

Données très variables, issues d'expérimentation de laboratoire
Surface nécessaire importante. Raisonnable??
Exportation uniquement en période végétative
Exportation si récolte

21 Formation Saline les Bains – 25/10/2009 

L'azote

Exportation potentielle	à l'année	$g/m^2/an$	100	250
	en 6 mois	$g/m^2/j$	0,548	1,370
	1 habitant		12	
Source	résiduel à l'aval d'une BA	$g/j/hab$	si nitrification	9,6
			si dénitrification	2,4
Surface nécessaire pour une rétention totale 6 mois par an	m^2 /hab		sans traitement	22 8,8
			si nitrification	17,5 7
			si dénitrification	4,4 1,8

Données variables, issues d'expérimentation de laboratoire
Surface non négligeable, réaliste
Rétention uniquement en période végétative
Exportation si récolte

22 Formation Saline les Bains – 25/10/2009 

Réduction des volumes par évapotranspiration

- **Evapotranspiration :**

Quantité d'eau transpirée par les plantes + évaporée du sol

L'ET prend de l'importance uniquement si les sols présentent une faible à très faible perméabilité

- ETR moyenne pour chaque plante, à l'aide d'un coefficient cultural

Recherche d'un rejet ZERO pour un apport journalier 150 L/hab (ou 150 mm / m²)

Infiltration selon les sols	0 mm/j	75 mm/j = 3 mm/h	120 mm/j = 5 mm/h	150 mm/j = 6,25 mm/h
Évapotranspiration = apport - infiltration	150	75	30	0
S minimale **** en m ² de bambous par ex	15	7,5	3	???

****base : ETR moyen pour les bambous de 10 mm/j soit 2 fois l'ETP moyen

Rôle des macrophytes: apports d'oxygène- élimination de l'azote

O₂ influx
2,08 gm⁻² day¹

Oxygène

Root Respiration
2,06 gm⁻² day¹

Root Release
0,02 gm⁻² day¹

végétaux	% de N exportable		% de P exportable	
	%	%	%	%
Typha	0,2%	8,0%	0,07%	4,46%
Joncs	4,4%	-	1,95%	-
Scirpes	-	-	-	-
Phragmite	1,0%	6,9%	0,37%	3,29%

Rôle direct mineur dans les apports d'O₂ et l'élimination de N et P

J. LESAVRE *Journée technique: procédés d'épuration plantes de macrophytes - OIEau / Limoges 13 octobre 2007*

Impact des végétaux sur les paramètres caractéristiques d'un rejet de STEU

- Carbone / Matière Organique: DCO-DBO₅: **NON**
- MES : **NON**
- Phosphore : **en 10 m²/hab et si récolte**
- Azote : **en m²/hab et si récolte**
- Germes témoins de CF: **???**
- Micro-polluants, éléments métalliques: **recherches en cours**
- Hydraulique (rejet zéro) **uniquement si sol de très faible perméabilité + en période estivale**
- **DE PLUS**, effets bénéfiques obtenus sous réserve que le sol présente des propriétés **favorables** au développement du végétal

25

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Plan de l'exposé

- Les filières de traitement existantes
- Les plantes et les paramètres caractéristiques d'un traitement
- Pourquoi implanter du végétal?
- Conclusion

26

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Végétaux ? : rôle mécanique

Un espace tubulaire, régulièrement réalisé par les oscillations dues au vent, permet à l'eau interstitielle de s'écouler le long des tiges, rhizomes et racines pour rejoindre la couche drainante.



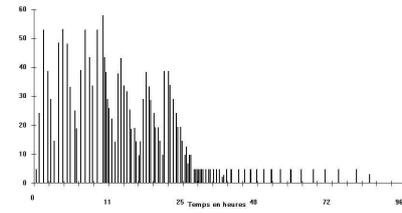
Régulation de la perméabilité

D'après H Brix

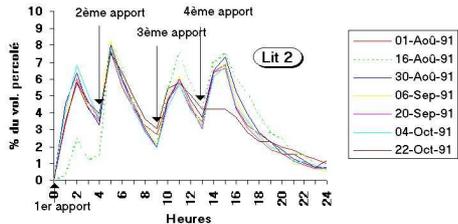
27 Formation Saline les Bains – 25/10/2009 

Rôle mécanique des roseaux

Avec roseaux : ressuyage rapide

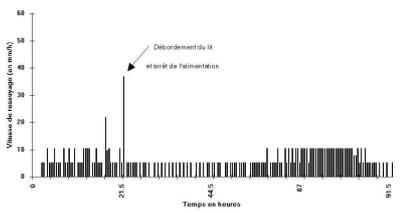


Vitesses de ressuyage sur le lit 2 en mai 1992
- 7 apports de 2.5 à 3.0 m³ en 24 h -
(hauteur de boues : 75 à 80 cm)

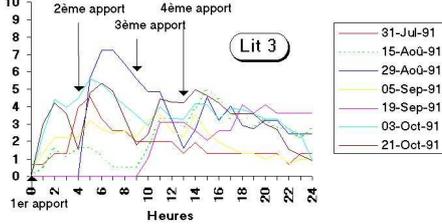


Lit 2

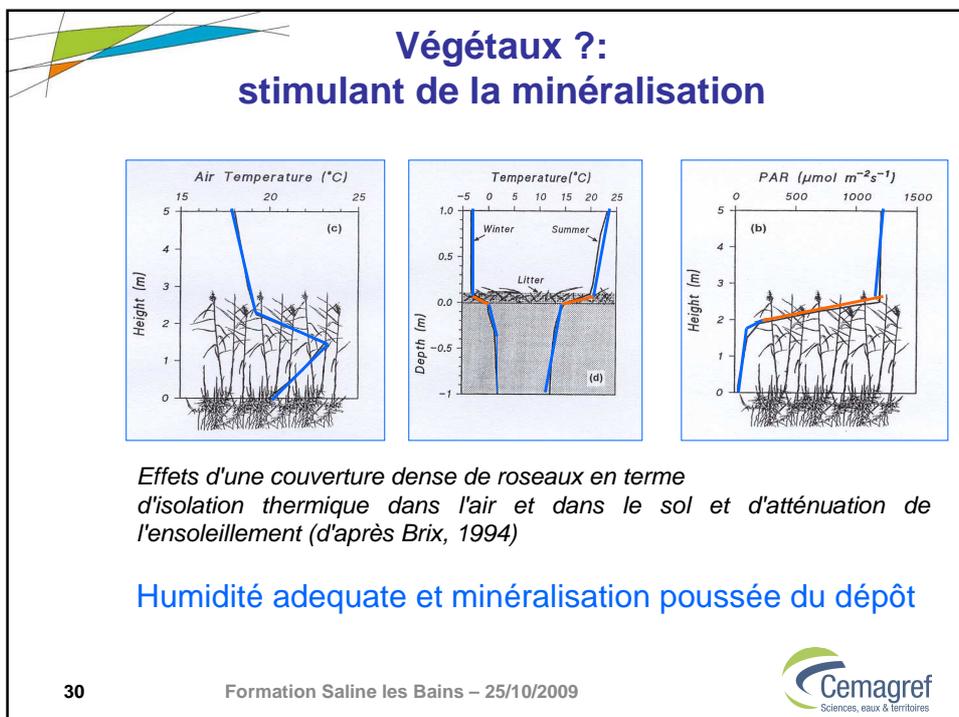
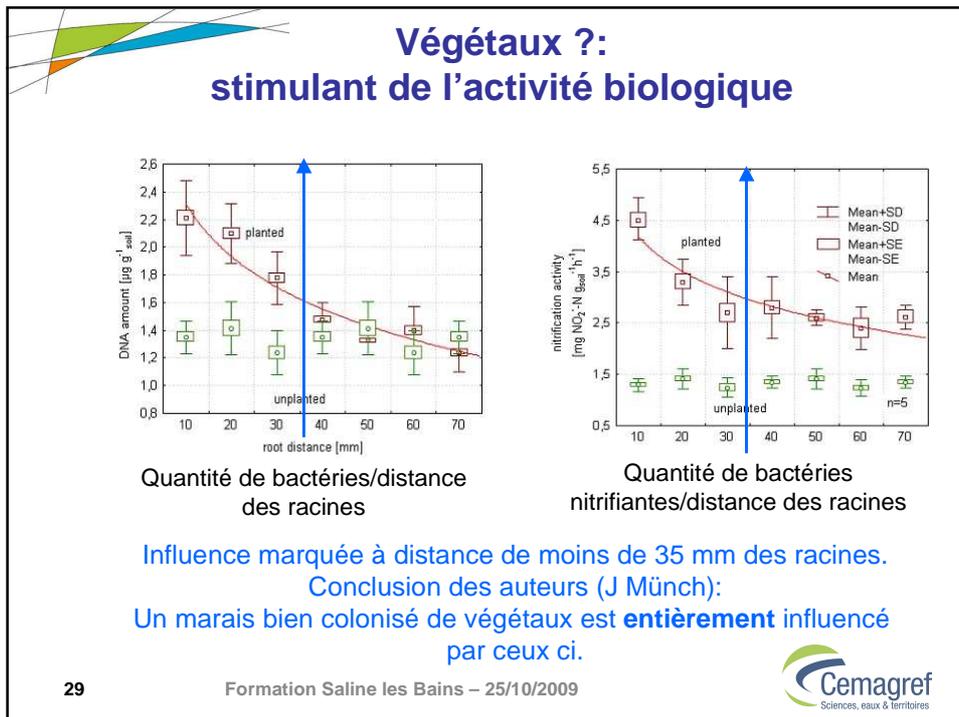
Témoin non planté : plus hétérogène

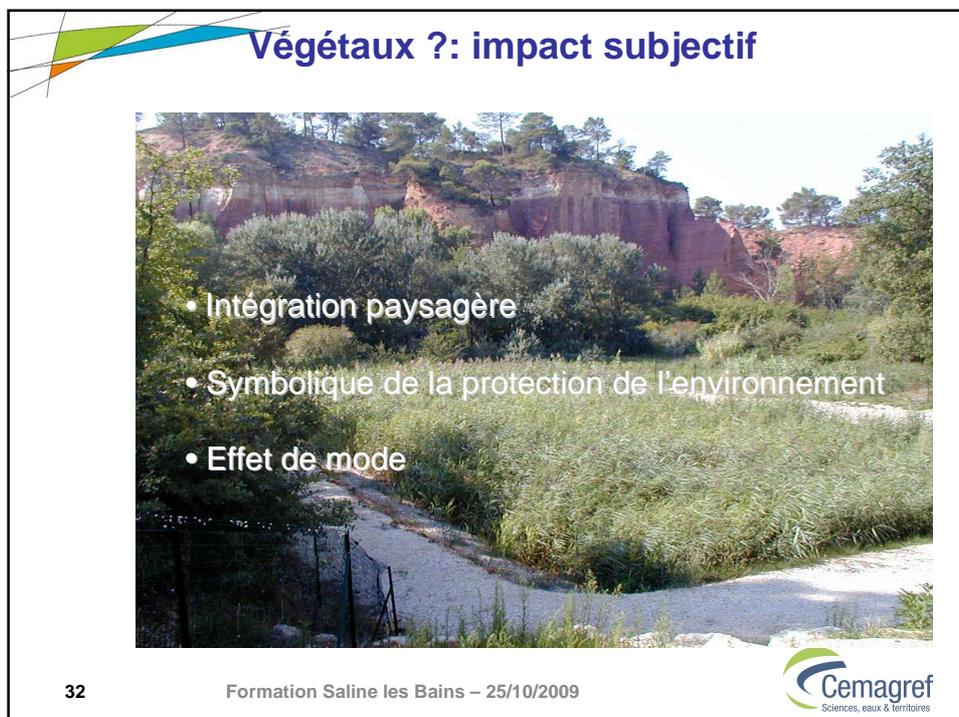
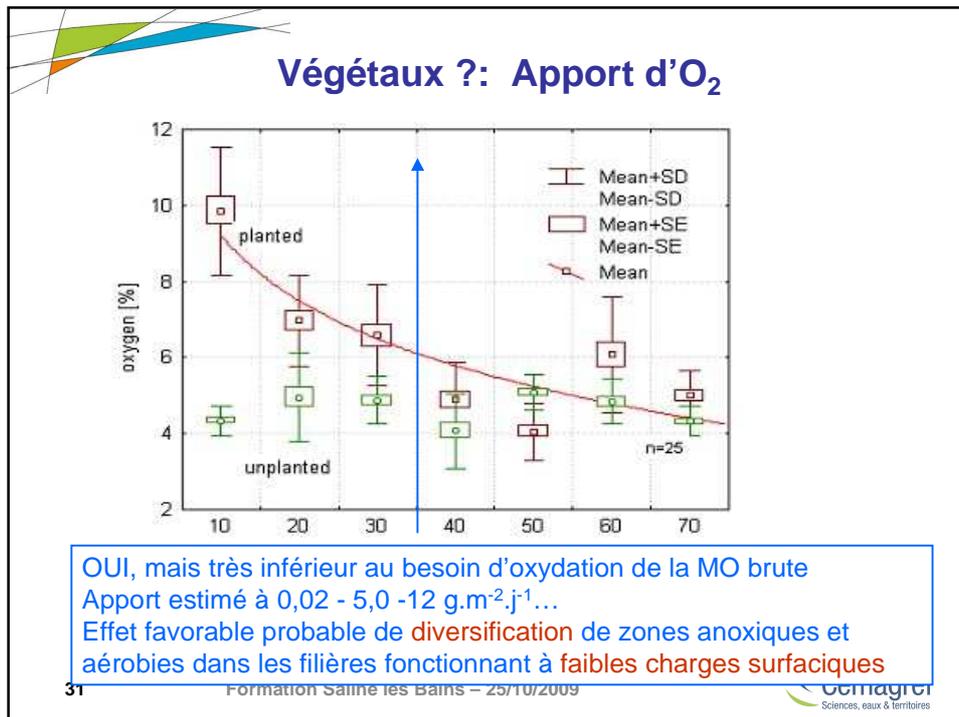


Vitesses de ressuyage sur le lit 3 en mai 1992
(hauteur de boue : 55 à 60 cm)



Lit 3





Conclusion

Phytoépuration: épuration par les plantes? ou les bactéries?

- **Épuration par les bactéries fixées ou libres**
- **Les plantes ont pourtant un rôle**
 - **Mécanique**
 - **Impact sur les bactéries:**
 - *Stimulation par maintien de l'humidité et régulation thermique*
 - *Diversification par la présence de zones aérobies et anoxiques*
 - **Environnemental (biotope), social (esthétique), ..**

33

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



Conclusion

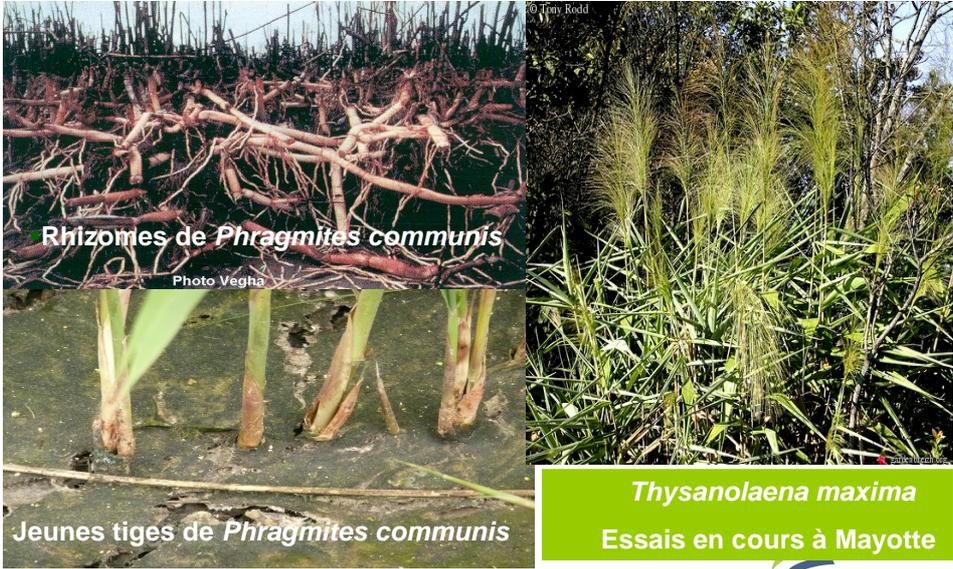
- **Rétention de la pollution et exportation par les plantes à relativiser, envisageables uniquement sous certaines conditions:**
 - **Grande surface disponible,**
 - **Sol approprié**
 - *réserve utile, perméabilité,...*
 - **Mécanismes à confirmer**
 - *Fonctionnement en milieu saturé*
 - *Risques de relargage*
 -
 - **Uniquement en période végétative**
 - **Si exportation par récolte, à une période imposée**
 -
- **Quels sont les impacts respectifs du sol et de la plante dans la qualité de l'eau traitée?**

34

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



*Rhizomes de **Phragmites communis***
Photo Vegha

*Jeunes tiges de **Phragmites communis***

Thysanolaena maxima
Essais en cours à Mayotte

35 Formation Saline les Bains – 25/10/2009

