



## La Phytoépuration:

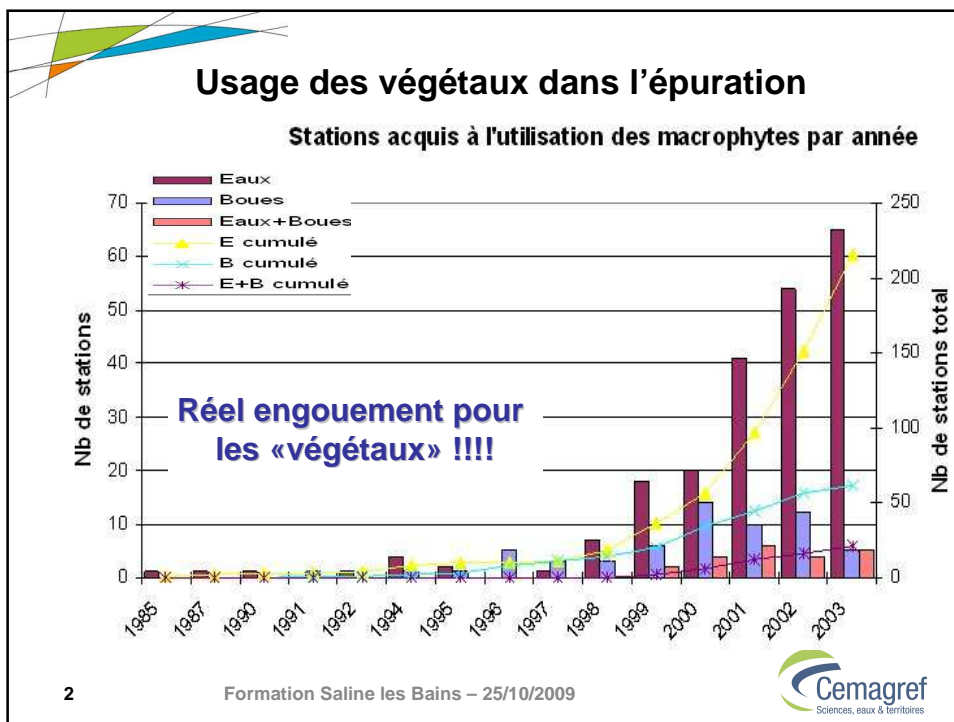


**Épuration par les plantes?  
ou les bactéries?**

**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



Satese 38

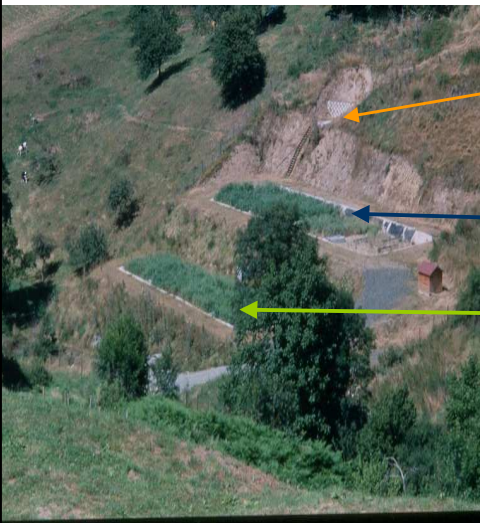
### évacuation mécanique des végétaux



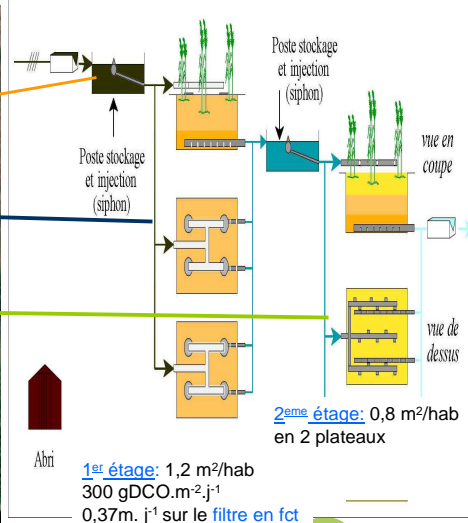
Saintes Maries de la mer (13)

Sciences, eaux & territoires

## Les filtres plantés de roseaux à flux vertical



Abri



Poste stockage et injection (siphon)

Poste stockage et injection (siphon)

vue en coupe

vue de dessus


2<sup>ème</sup> étage: 0,8 m<sup>2</sup>/hab en 2 plateaux

1<sup>er</sup> étage: 1,2 m<sup>2</sup>/hab  
300 gDCO.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>  
0,37m. j<sup>-1</sup> sur le filtre en fct

### Comparaison des FPR à flux vertical et horizontal

	<i>Filtres Verticaux</i>	<i>Filtre Horizontal</i>
Eaux usées	Brutes	Pretraitement indispensable
Pollution dégradée	Conditions <b>aérobies</b> C + nitrification	Conditions <b>anoxiques</b> 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 

### Les FPR en ANC «individuel»



**Réelle volonté de certains particuliers**

8 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)

Sciences, eaux & Territoires


## 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 (GIGEN, BUCKEL, ADRES, 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

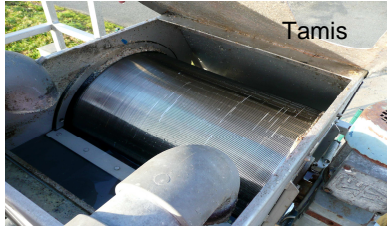
Formation Saline les Bains – 25/10/2009




## 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 m<sup>3</sup> pendant les 3 mois d'étiage

13

Formation Saline les Bains – 25/10/2009



## LB + lits de clarification et séchage des boues

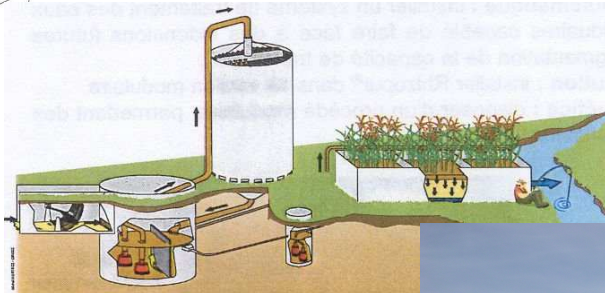


Schéma du procédé Rhizop



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**



Cemagref  
Sciences, eaux & Territoires

16 Formation Saline les Bains – 25/10/2009




## 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-DBO<sub>5</sub>
- 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 - DBO<sub>5</sub>
  - par la photo synthèse, le végétal fixe du C de l'air = CO<sub>2</sub>
  - 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	$g/m^2/an$	<b>3</b>	<b>15</b>
	en 6 mois	$g/m^2/j$	<b>0,016</b>	<b>0,082</b>
	1 habitant		<b>2</b>	
Source	résiduel à l'aval d'une BA	$g/j/hab$	si absence déphosphatation	<b>1,2</b>
			si déphosphatation	<b>0,4</b>
Surface nécessaire pour une rétention à 90% 6 mois par an	$m^2 /hab$		sans traitement	<b>110</b> <b>22</b>
			si absence déphosphatation	<b>60,8</b> <b>12,2</b>
			si déphosphatation	<b>12,5</b> <b>2,45</b>


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

**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 / m<sup>2</sup>)

Infiltration selon les sols	0 mm/j	75 = 3 mm/j mm/h	120 = 5 mm/j mm/h	150 = 6,25 mm/j mm/h
Évapotranspiration = apport - infiltration	150	75	30	0
S minimale **** en m <sup>2</sup> 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

**O<sub>2</sub> influx**  
2,08 gm<sup>-2</sup> day<sup>1</sup>

**Oxygène**

**Root Respiration**  
2,06 gm<sup>-2</sup> day<sup>1</sup>

**Root Release**  
0,02 gm<sup>-2</sup> day<sup>1</sup>

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'O<sub>2</sub> 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-DBO<sub>5</sub>: **NON**
- MES : **NON**
- Phosphore : **en 10 m<sup>2</sup>/hab et si récolte**
- Azote : **en m<sup>2</sup>/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.**





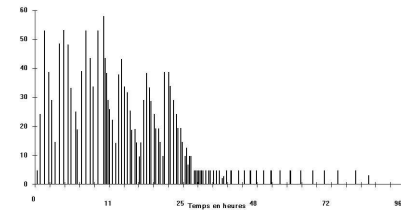
*D'après H Brix*

Régulation de la perméabilité

27
Formation Saline les Bains – 25/10/2009

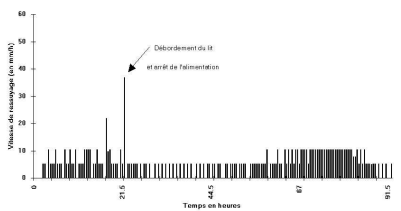

## Rôle mécanique des roseaux

**Avec roseaux : ressuyage rapide**



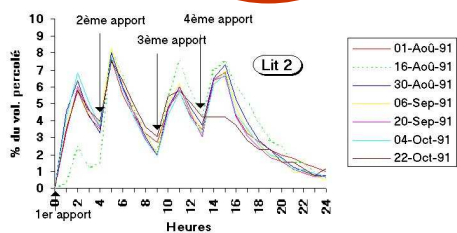
**Vitesses de ressuyage sur le lit 2 en mai 1992**  
- 7 apports de 2.5 à 3.0 m<sup>3</sup> en 24 h -  
(hauteur de boues : 75 à 80 cm)

**Témoin non planté : plus hétérogène**



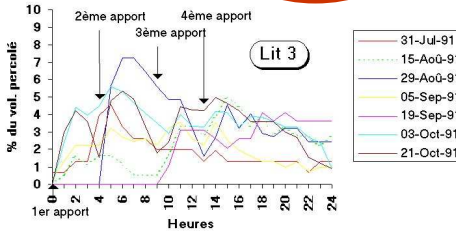
**Vitesses de ressuyage sur le lit 3 en mai 1992**  
(hauteur de boue : 55 à 60 cm)

**Lit 2**

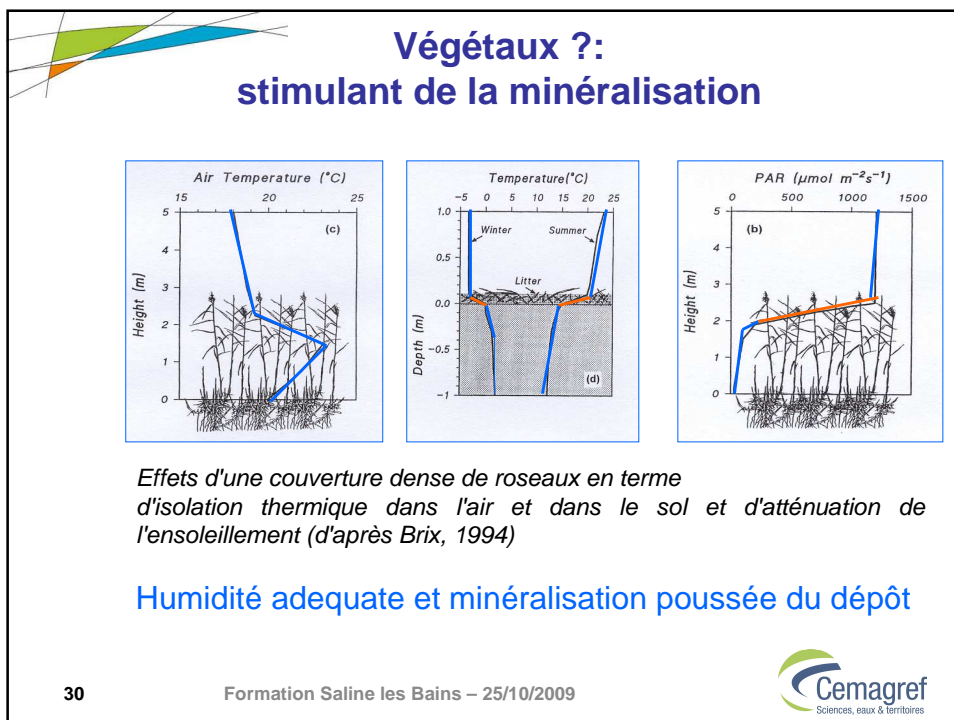
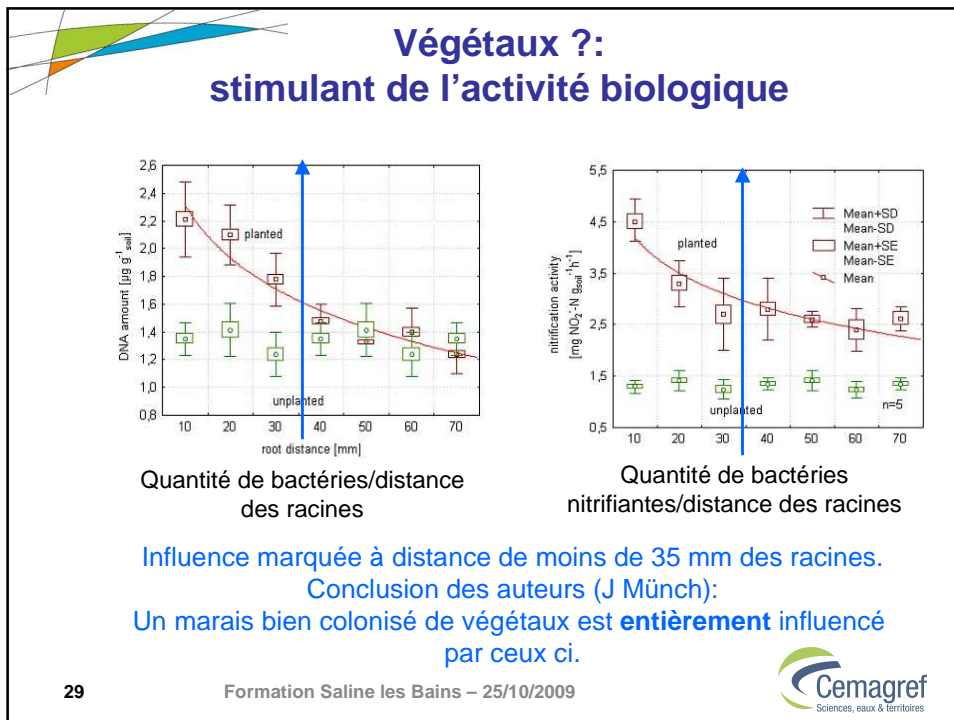


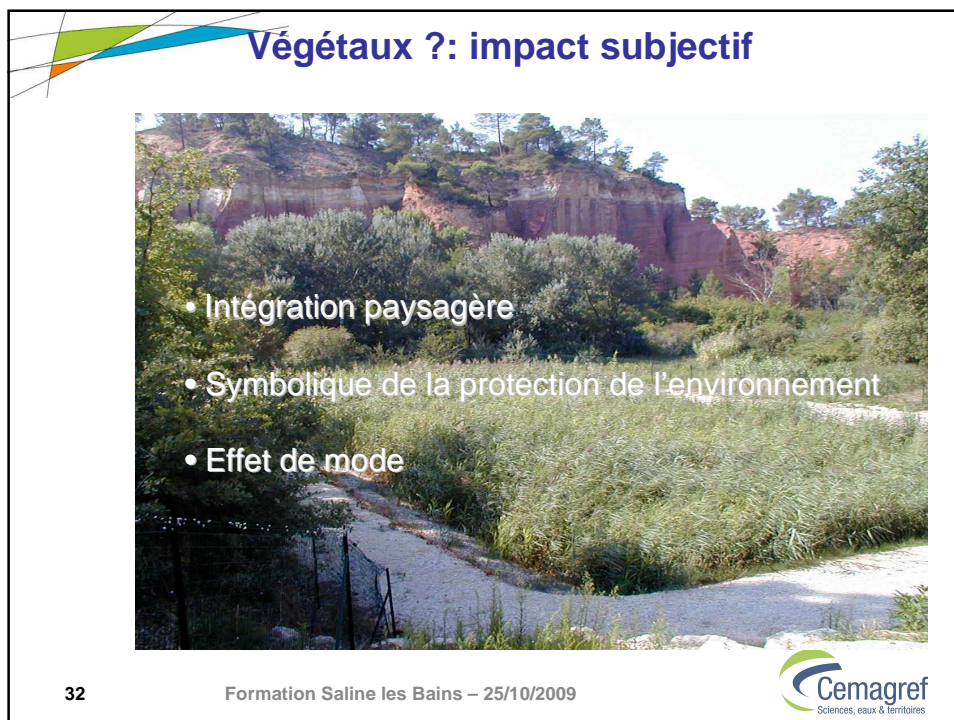
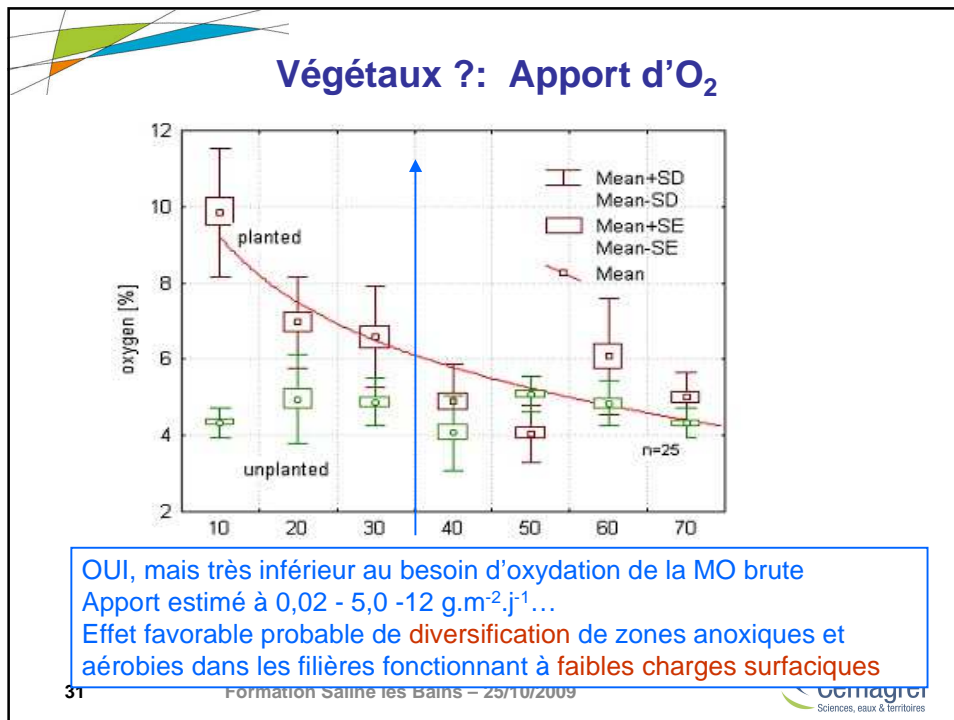
1er apport, 2ème apport, 3ème apport, 4ème apport

**Lit 3**



1er apport, 2ème apport, 3ème apport, 4ème apport







## 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 anoxygènes*
  - **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

