



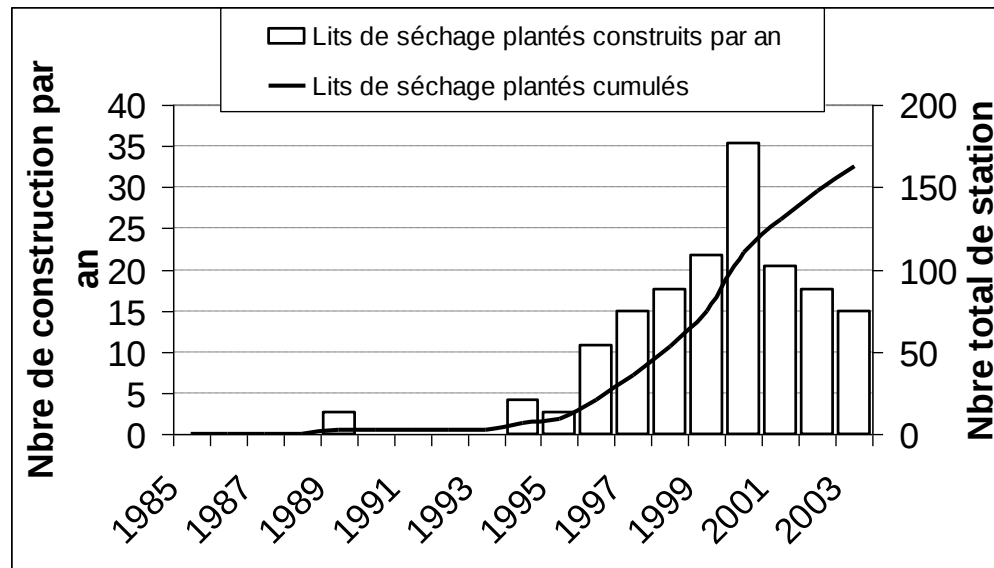
Les LSPR pour le traitement des boues et des matières de vidange

Pascal Molle – Irstea Lyon



Historique

- Premières recommandations issues de recherches dans les années 90 entre Cemagref et SAUR (Bourg Argental)
- Développement fin des années 90



- **De nos jours :**
 - De l'ordre de 400 dispositifs
 - Jusqu'à 27 000 EqH

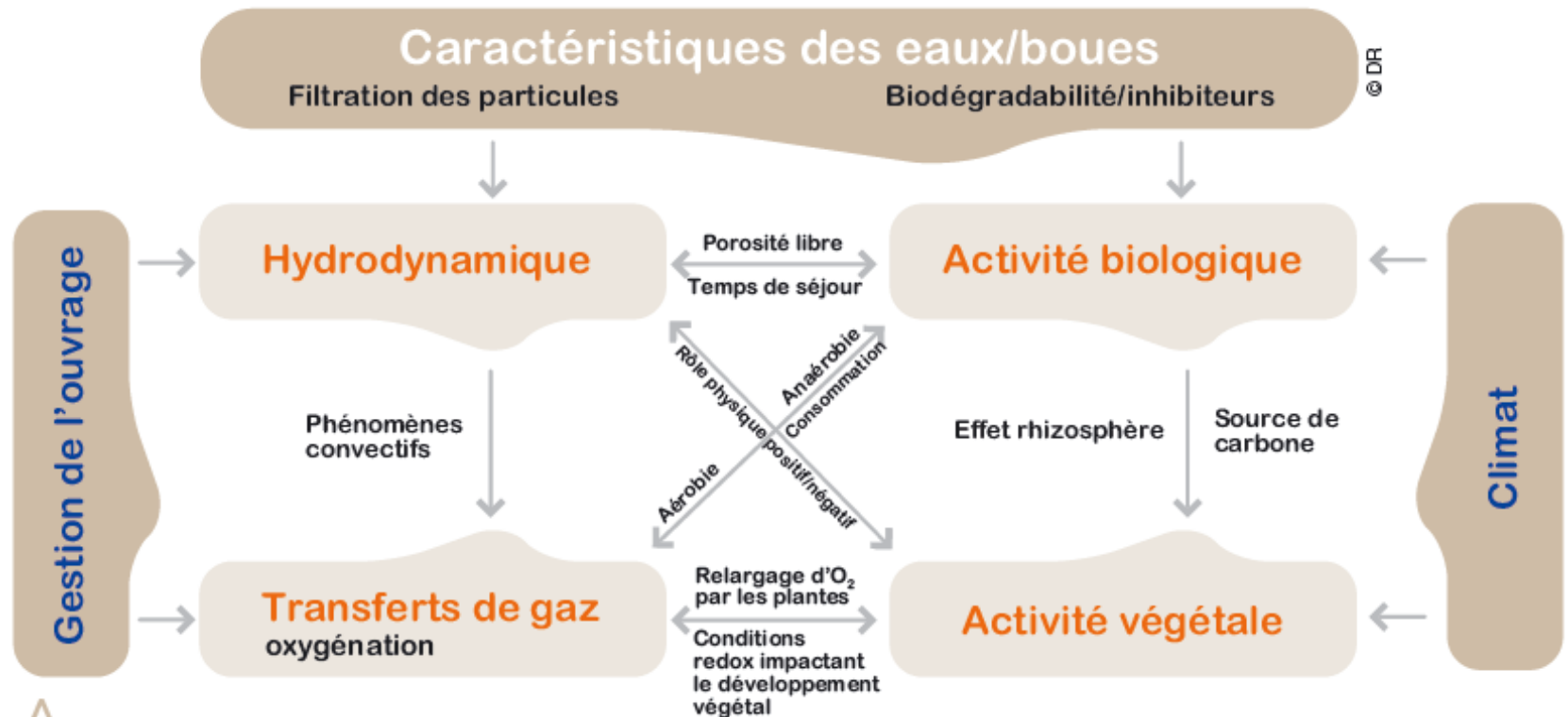
Historique

- Installations de grande taille - Danemark

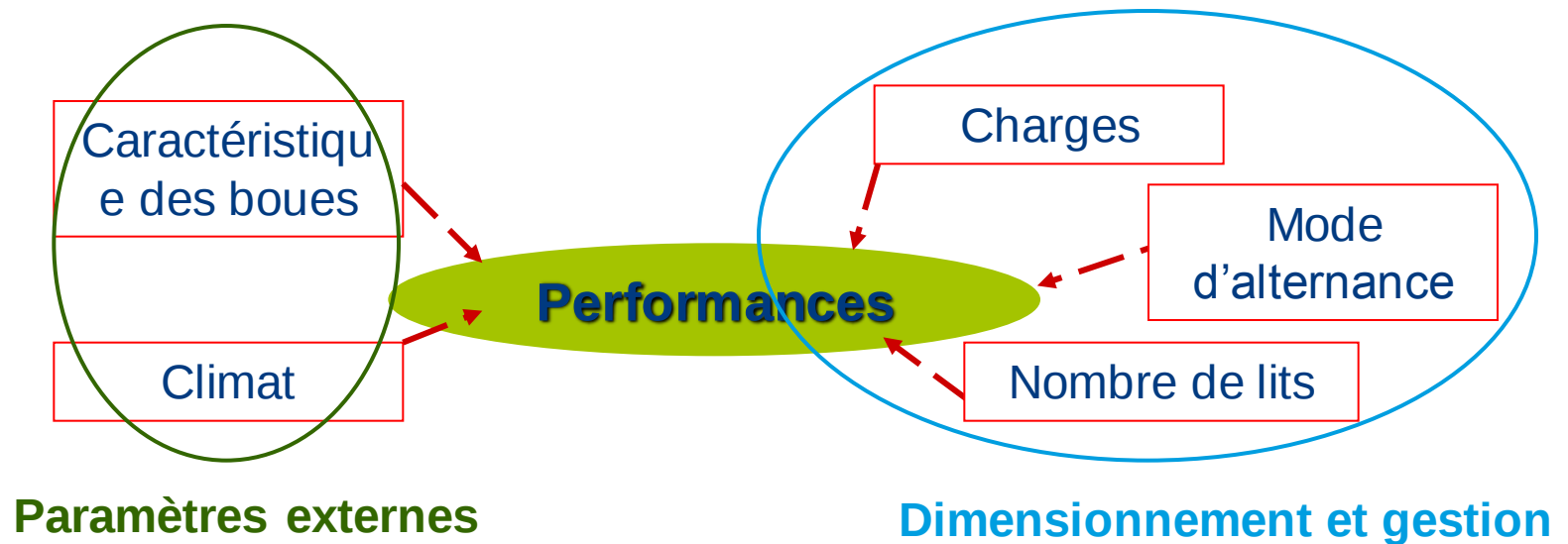


125 000 EqH

Un équilibre à respecter



Quels moyens de contrôle ?





Guide complet

- Sera prochainement téléchargeable sur le site EPNAC

<http://epnac.irstea.fr>



Caractéristiques des boues



Caractéristiques des boues

Type de boue	Matière sèche (g/l)	MO % (MS)
Boues activée (BA)	2 – 4	80
Matière de vidange (MV)	33 (10 –50)	68

**La partie dissoute peut impacter fortement la MS (30 %) :
dimensionnement des LSPR pour les MV
en fonction de la charge en MES**

Caractéristiques des boues

	MV		BA	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
% DCO totale				
Protéines	17 %	3 %	44 %	3 %
Polysaccharides	13 %	5 %	14 %	1 %
Graisses	41 %	6 %	10 %	3 %
CST (s)	145	98	6.8	0.8
d ₁₀ (µm)	3.3	0.2	21	4
MES (g.L ⁻¹)	21	13	2.5	0.9

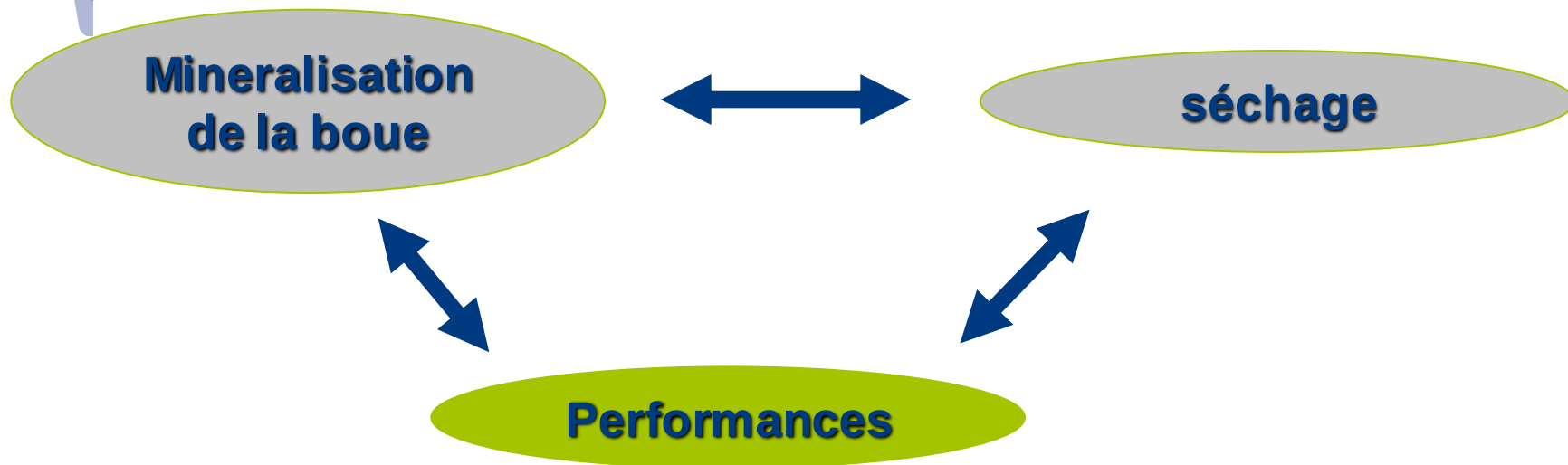
⇒ BA : protéines

⇒ MV : graisses

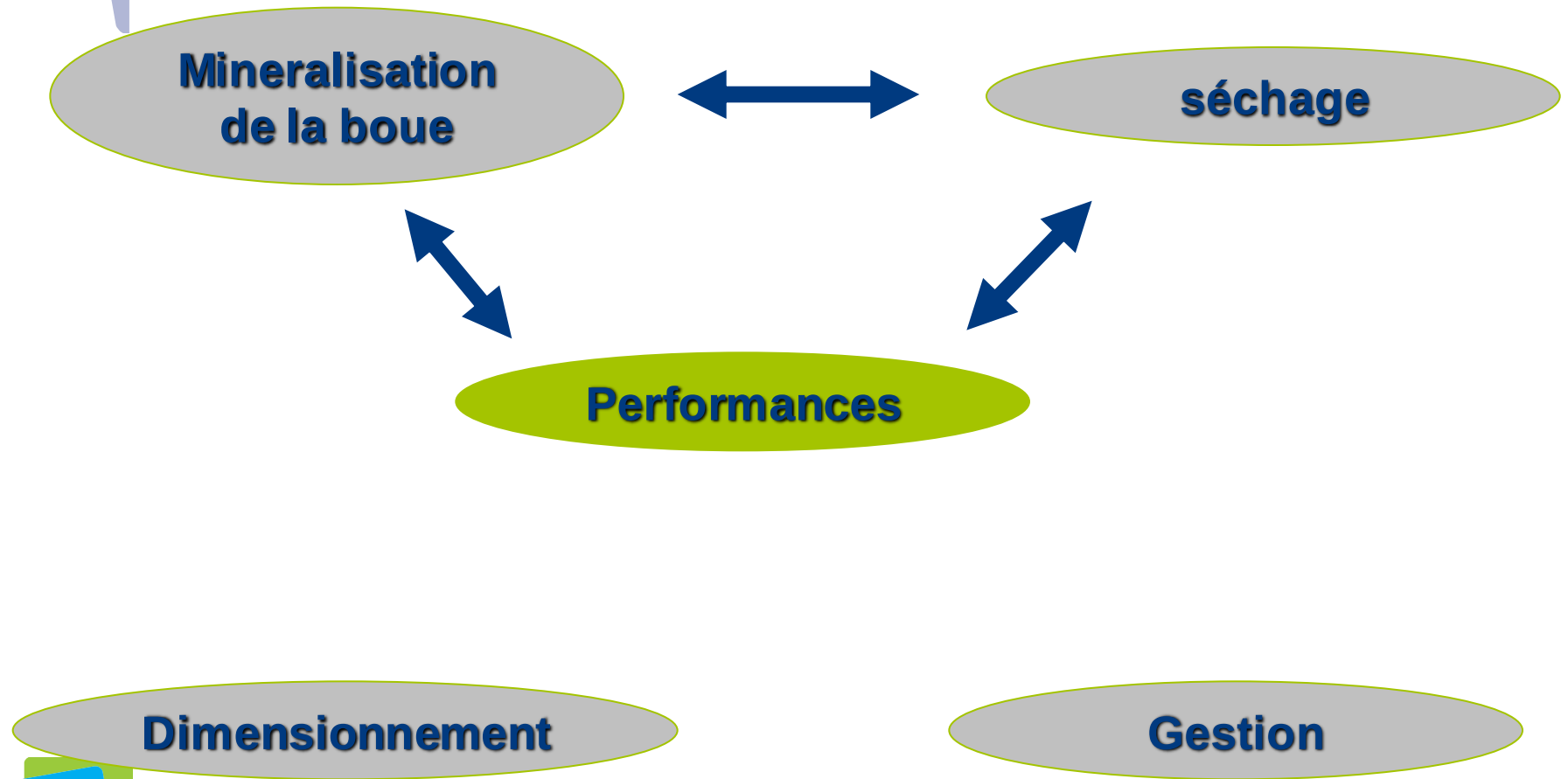
⇒ MV : faible déshydratabilité

Le CST ne prédit pas des performances finales des LSPR

Performances de siccité



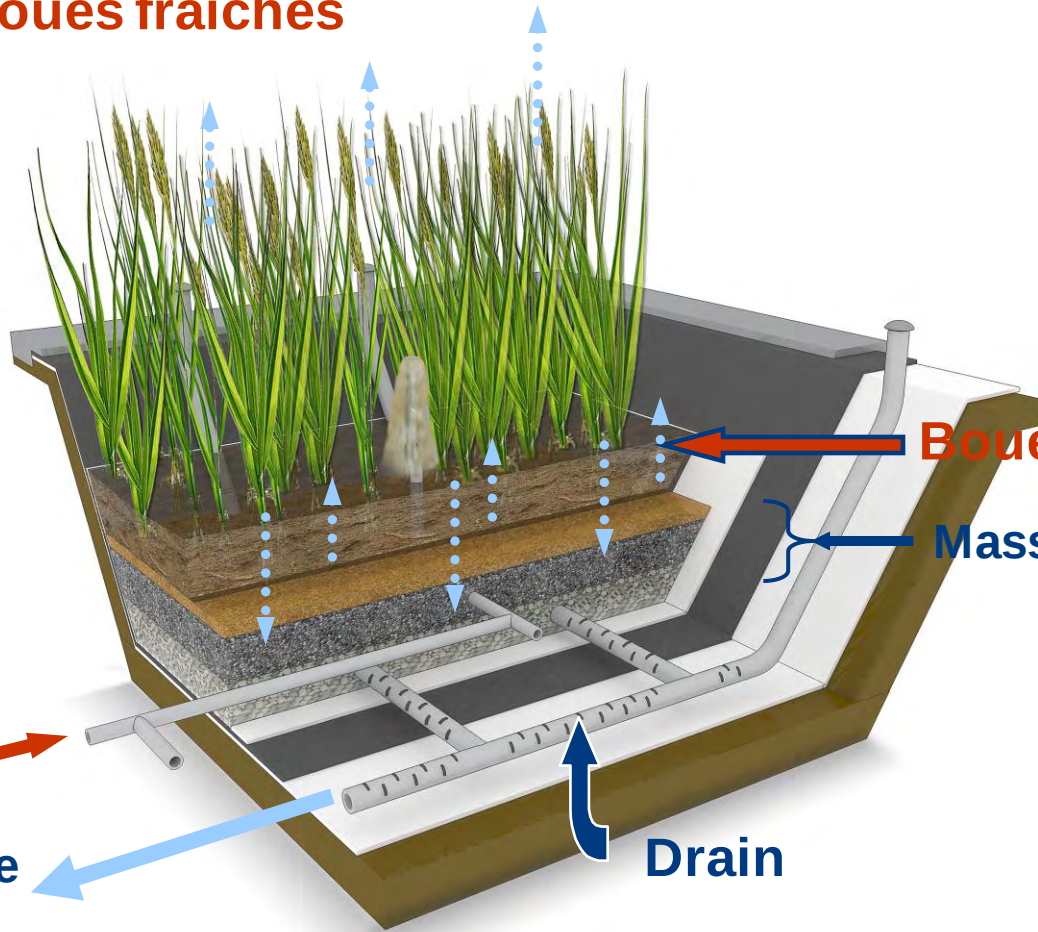
Performances de siccité



Principe de fonctionnement

Bassin
d'aération

Boues fraîches



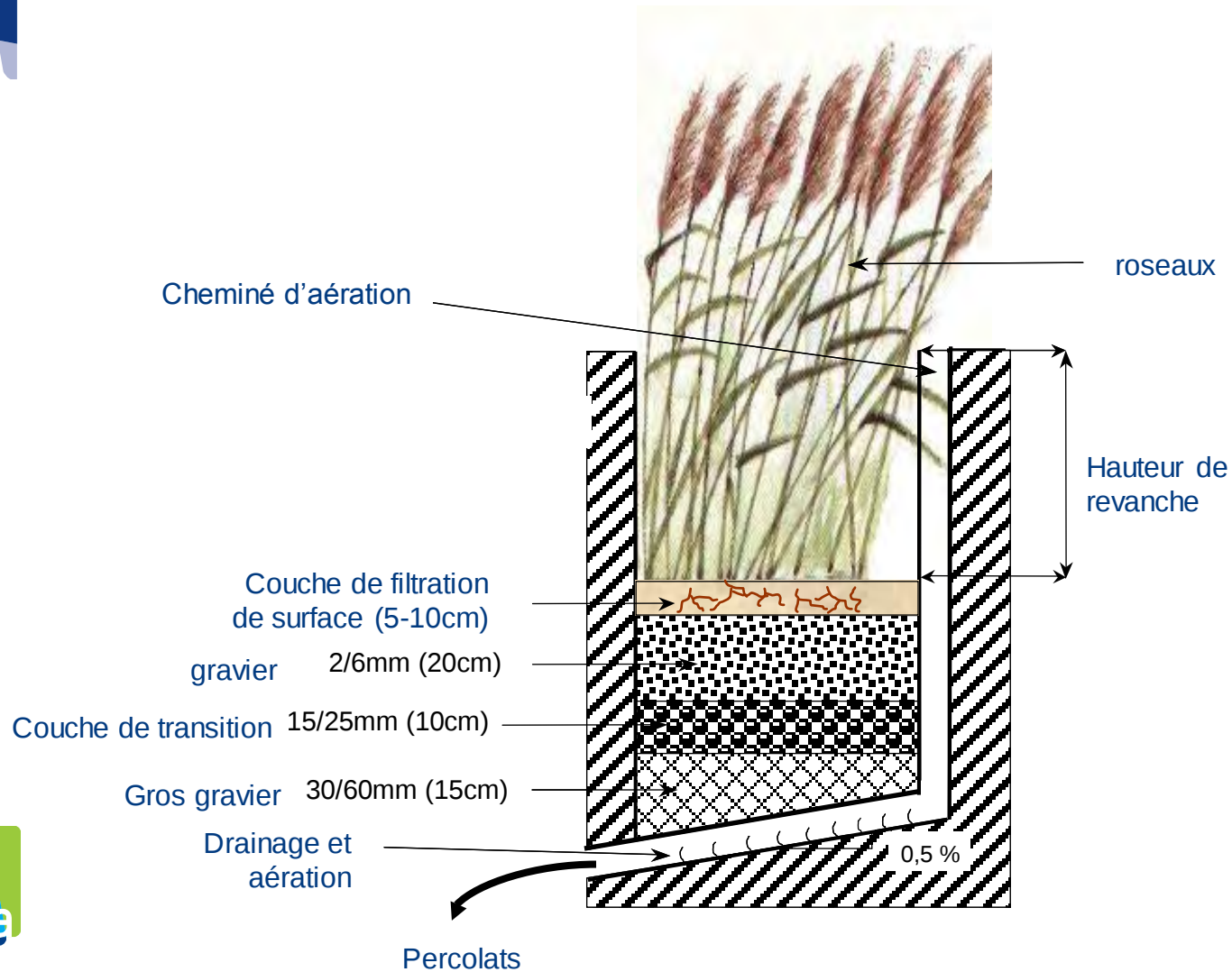
Boue résiduelle

Massif filtrant

Drain

Tête de
step

Principe de fonctionnement

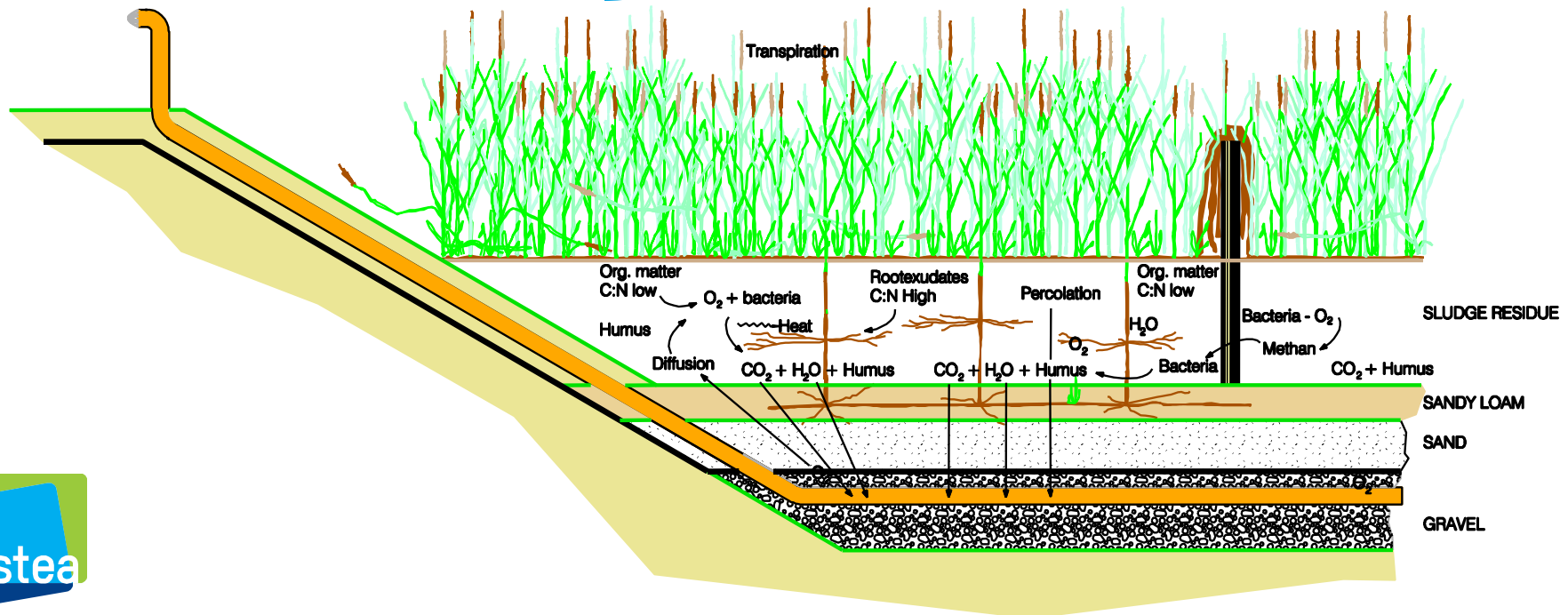


Principe de fonctionnement

■ Quatre processus majeurs :

- La filtration
- Le drainage
- Séchage
- minéralisation

aération



Performances de siccité

Enchaînement des couches

Drain et aération

distants de 2 à 4 m
point haut et point

bas pour assurer une
aération convective

Dimensionnement



Performances de siccité

Enchainement des couches

Drain et aération

Débit d'alimentation

Dimensionnement

$0,25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Minimum un point pour 100 m^2

Performances de siccité

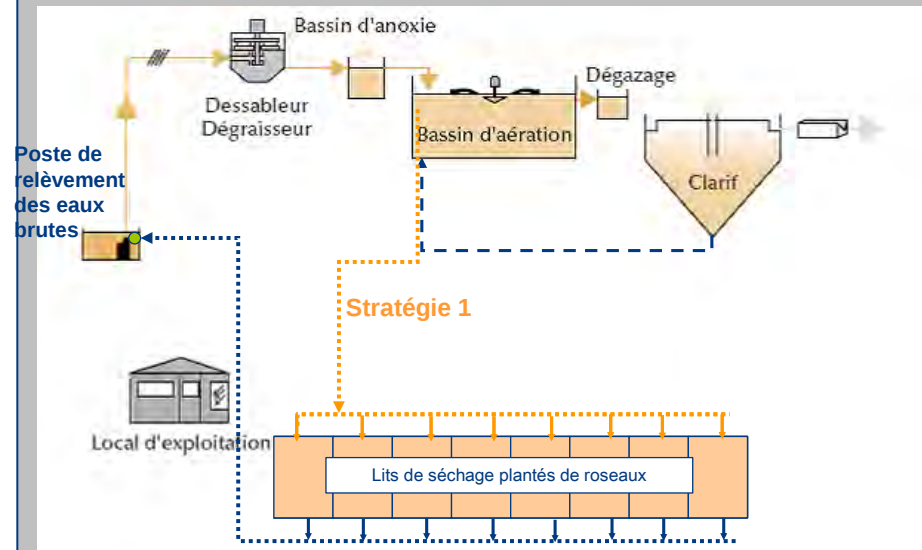
Enchaînement des couches

Drain et aération

Débit d'alimentation

Prélèvement des boues dans le BA

Dimensionnement



Performances de siccité

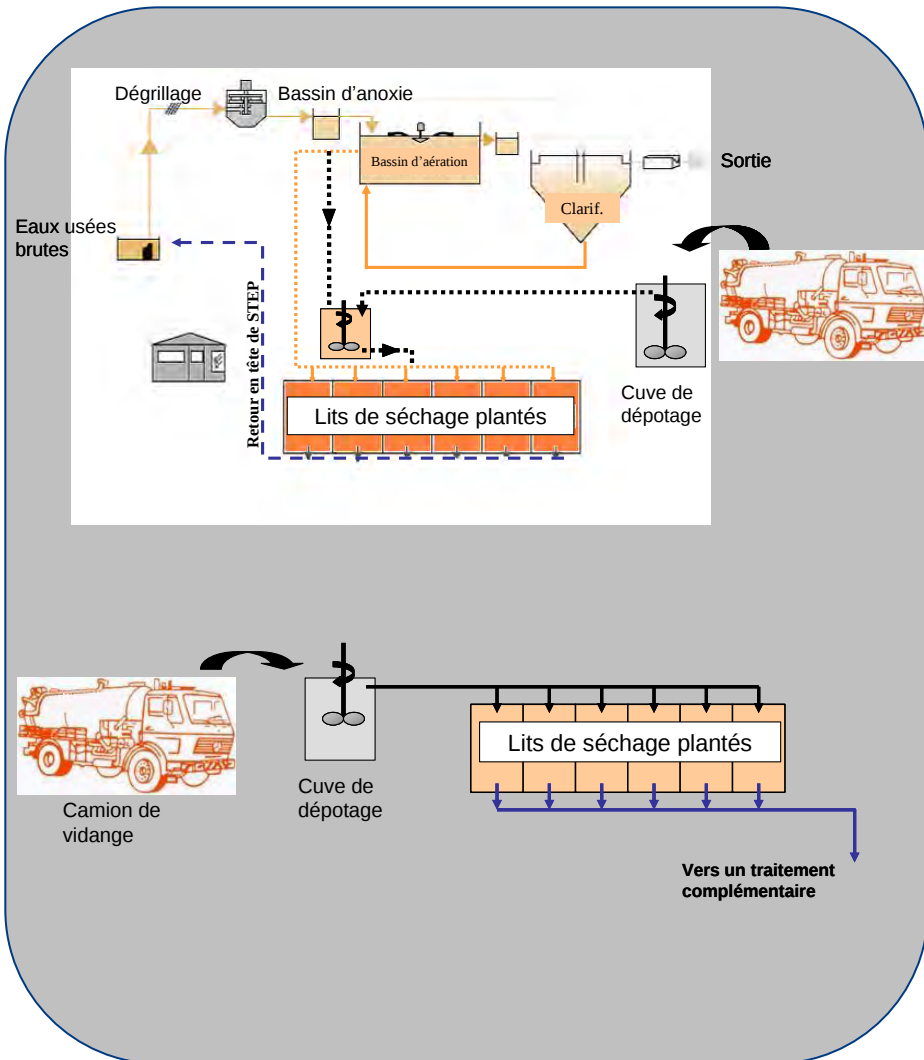
Enchaînement des couches

Drain et aération

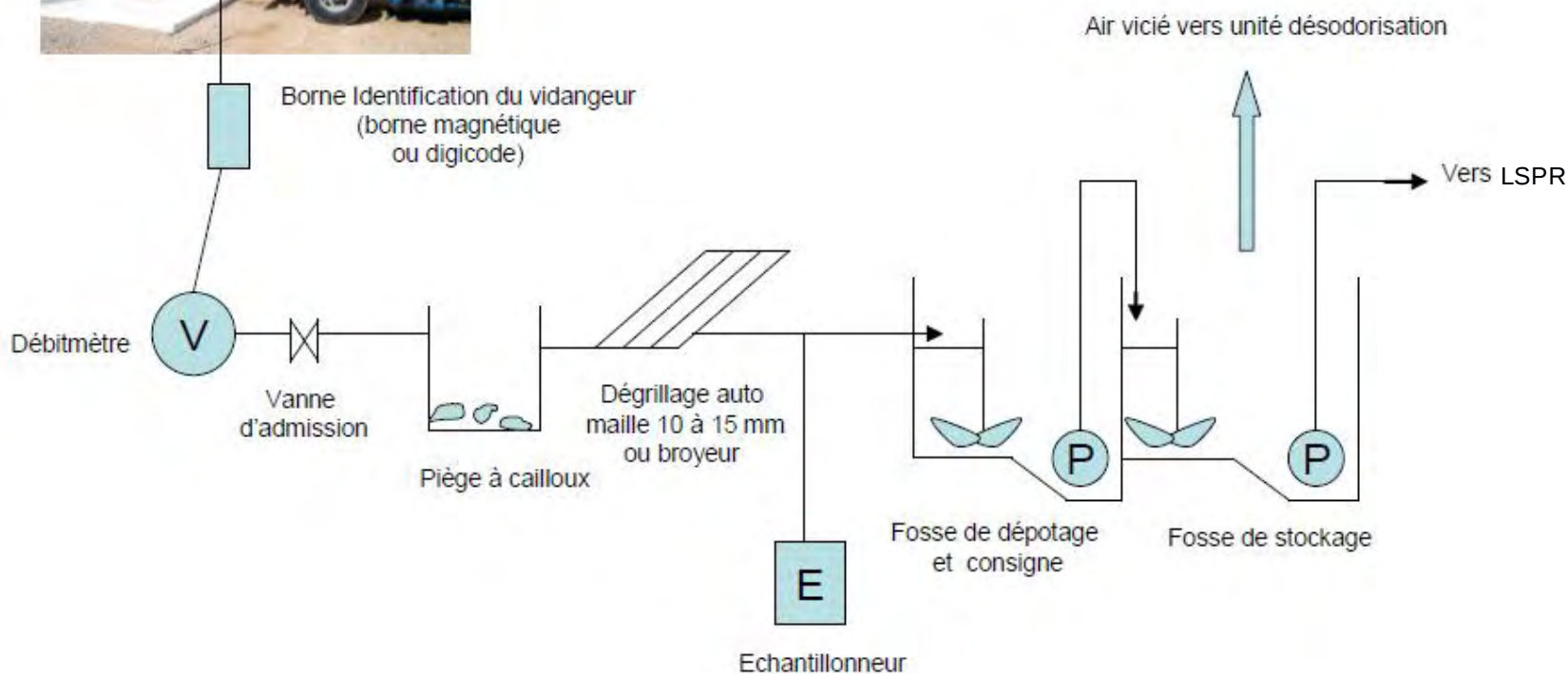
Débit d'alimentation

Prélèvement des boues
MV : deux stratégies

Dimensionnement



Accueil des MV sur le site





Accueil des MV sur le site

Site rustique sans électricité ?

- Alimentation directement par le camion vidangeur
- Diminuer la charge de dimensionnement pour avoir plus de sécurité (30 kg MES/m²/an)
- Bien contrôler l'arrivée des camions pour ne pas surcharger ponctuellement les lits.
- Être attentif à l'aspect des roseaux
- Problème : pas de recirculation possible ni sur les lits ni sur le traitement complémentaire



Performances de siccité

Enchaînement des couches

Drain et aération

Débit d'alimentation

Prélèvement des boues

Surface – Charge – nbre de lits

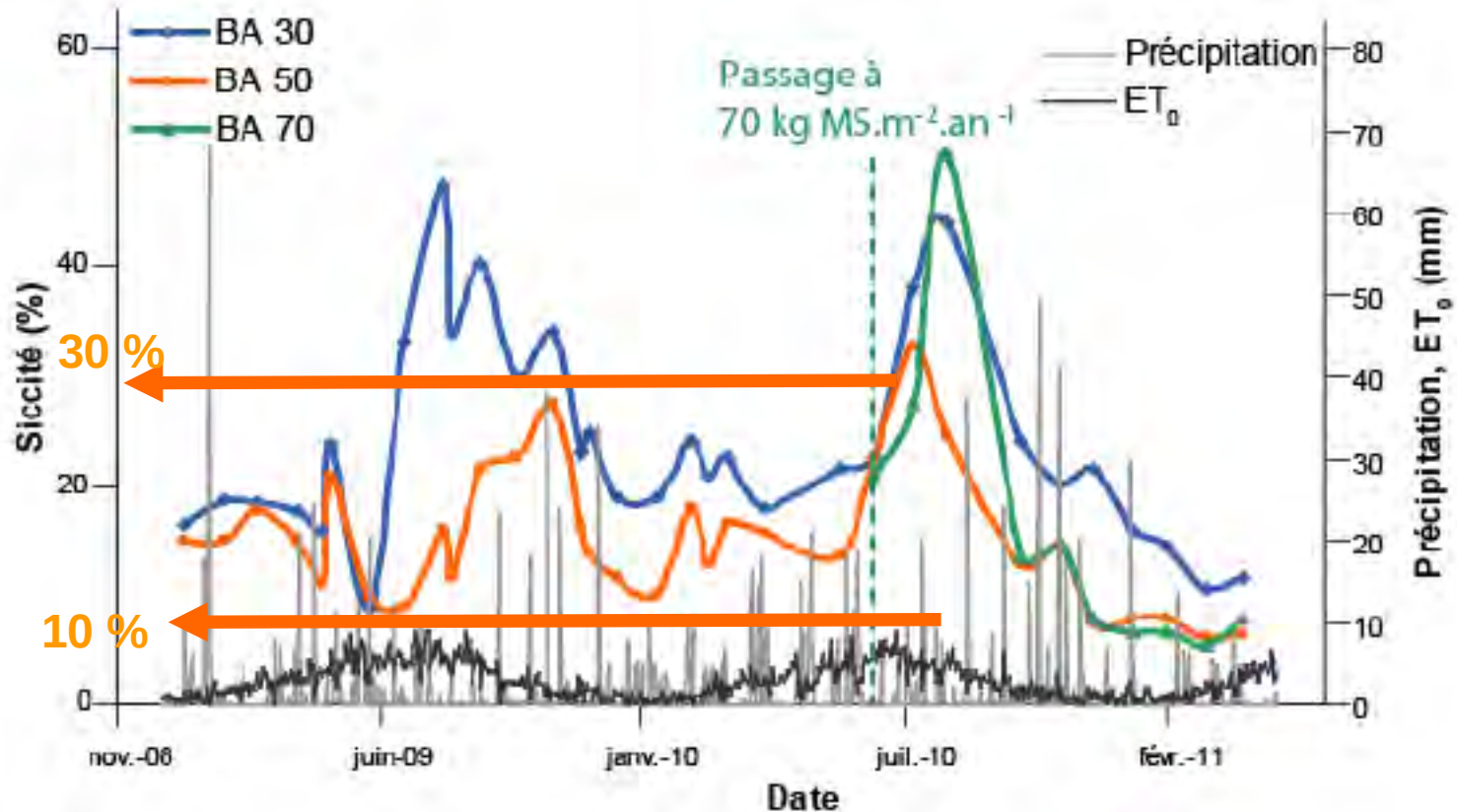
Dimensionnement

Etapes de dimensionnement

- Calcul/estimation des flux à traiter
- Choix de la charge surfacique de dimensionnement
- Choix du nombre de lits
- Choix de la conception
- Choix du traitement des percolats (MV)

Performances de siccité

Dimensionnement



La charge impacte négativement la siccité
Ne jamais dépasser 60 kg de MS pour les BA

Performances de siccité

Dimensionnement

**Compromis charge – nbre de lits pour garantir
25 % de siccité au curage**

Charge surfacique de dimensionnement (en kg MS.m⁻².an⁻¹)

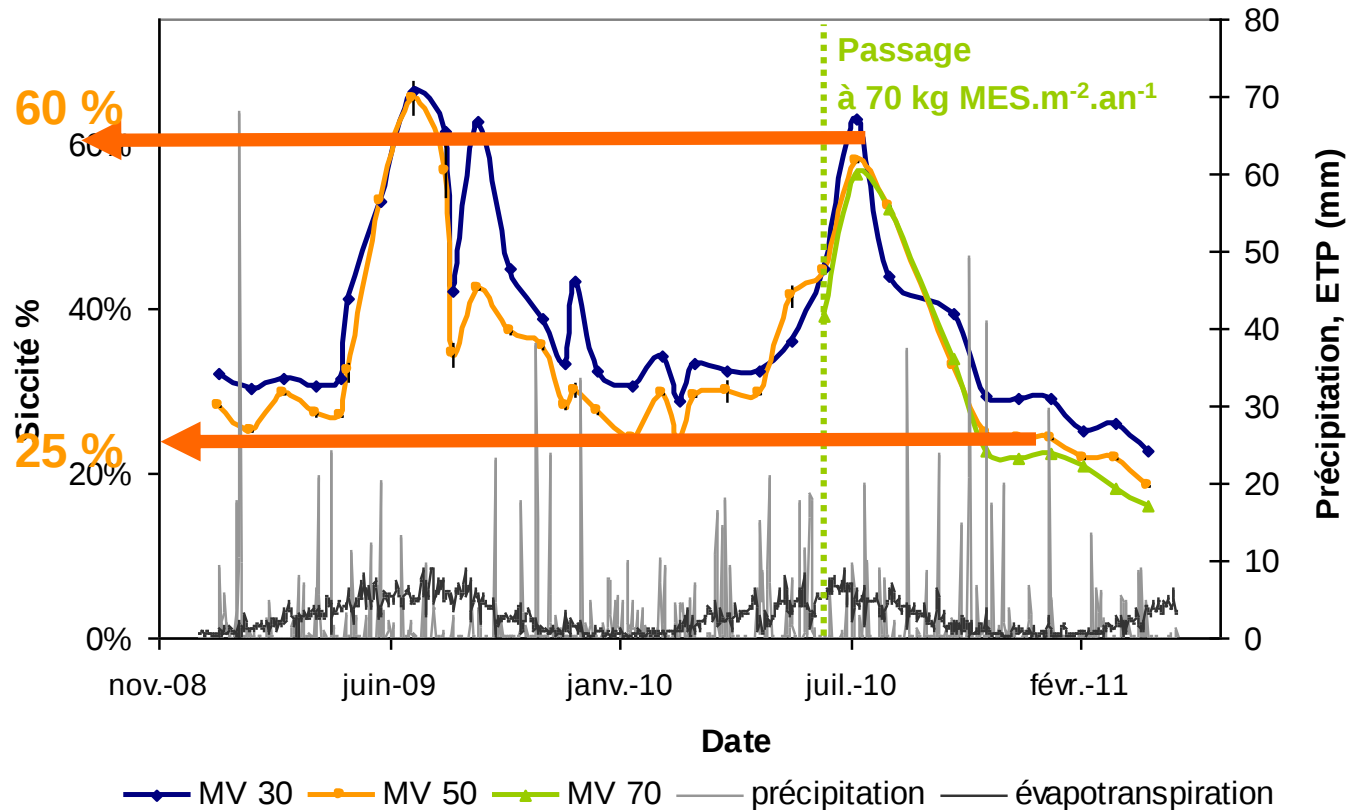
Mode constructif *

Capacité de la STEU (EH)	30 CB ou DR	40 CB ou DR	50 DR
≤ 2 000	4 lits	6 lits	8 lits (<i>intérêt économique</i>)
2 000 – 10 000	<i>Peu adapté</i>	6 lits (<i>gestion délicate</i>)	8 lits
10 000 – 20 000	<i>Peu adapté</i>	<i>Peu adapté</i>	8 lits
≥ 20 000	<i>Peu adapté</i>	<i>Peu adapté</i>	≥ 10 lits

* Casier Béton (CB) ou Déblais Remblais (DB)

Performances de siccité

Dimensionnement



Moins de contraintes de charge sauf en hiver
50 kg MES/m²/an – été : 70 kgMES/m²/an

Performances de siccité

Dimensionnement

**Compromis charge – nbre de lits pour garantir
30 % de siccité au curage**

		Charge surfacique de dimensionnement (en kg MES.m ⁻² .an ⁻¹)		
Nb de fosses	t MES traitées	40	50	70
<i>Cas particulier des DOM</i>				
≤ 220	≤ 20	4 lits	6 lits (<i>intérêt économique</i>)	6 lits (<i>intérêt économique</i>)
220 – 1 100	20 – 100	<i>Peu adapté</i>	6 lits	6 lits
≥ 1 100	≥ 100	<i>Peu adapté</i>	≥ 6 lits	≥ 6 lits

Siccité et gestion

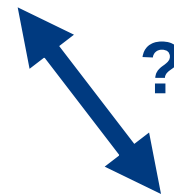
Comment maintenir des niveaux de siccité corrects tout au long du cycle de fonctionnement ?

Quelle siccité garantir en fin de période de repos prolongée avant curage ?

Performances

Dimensionnement

Gestion

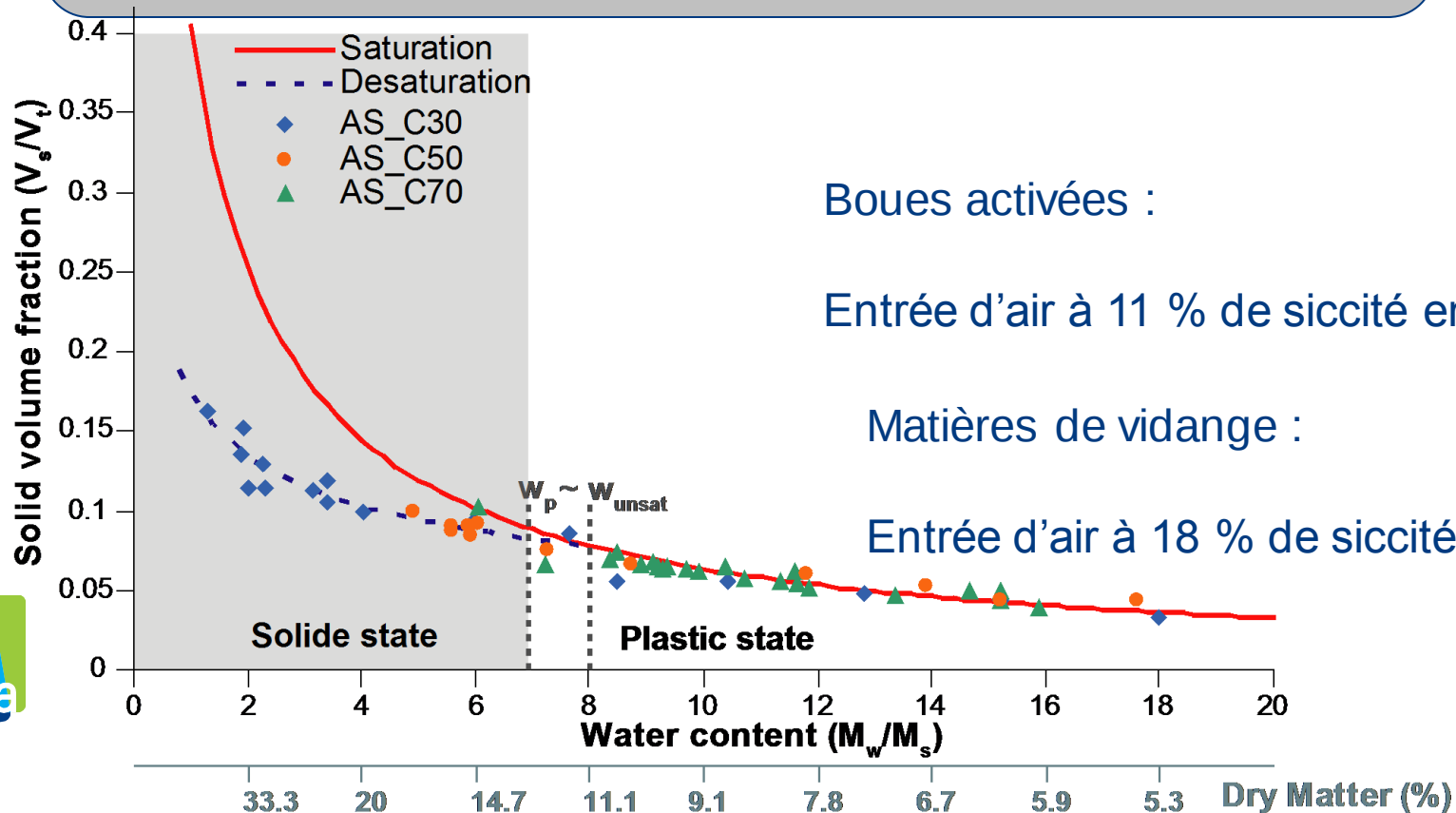


Siccité et gestion

Lien hydrodynamique et minéralisation



Besoin de conditions aérobies



Boues activées :

Entrée d'air à 11 % de siccité environ

Matières de vidange :

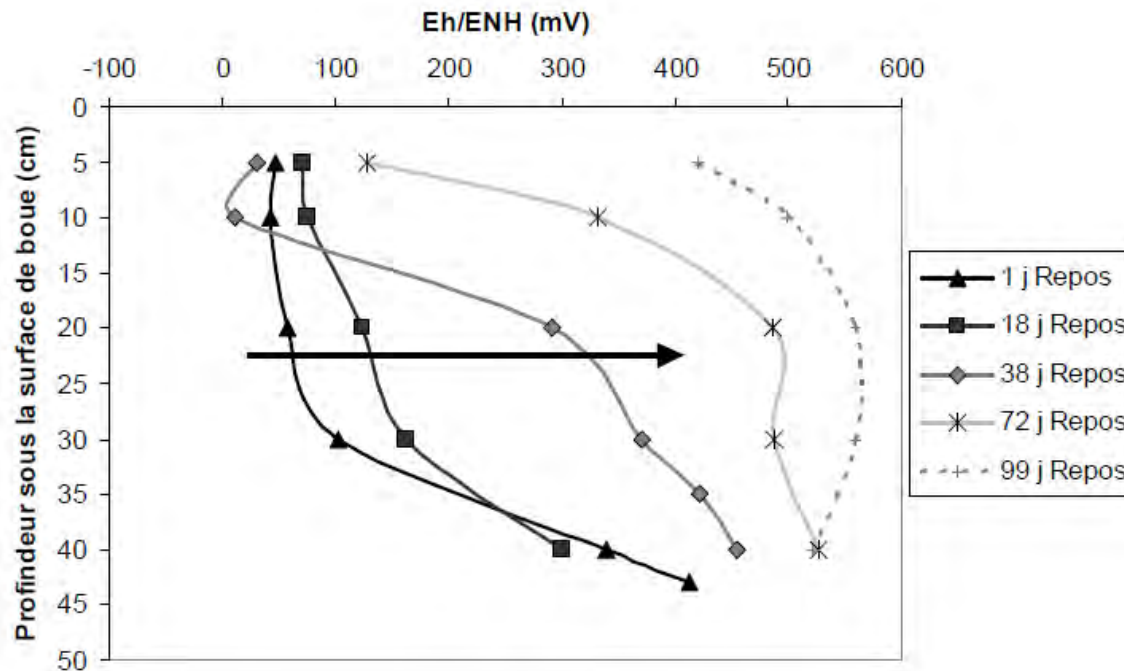
Entrée d'air à 18 % de siccité environ

Siccité et gestion

Lien hydrodynamique et minéralisation



Besoin de conditions aérobies



Adapter période de repos

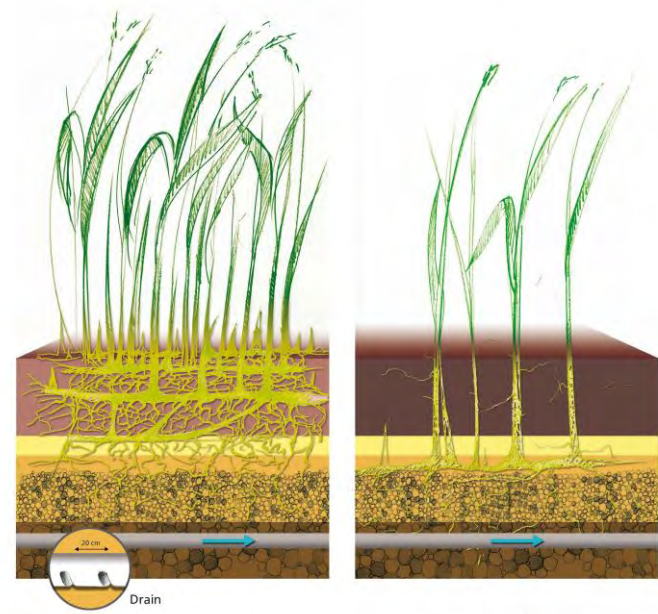
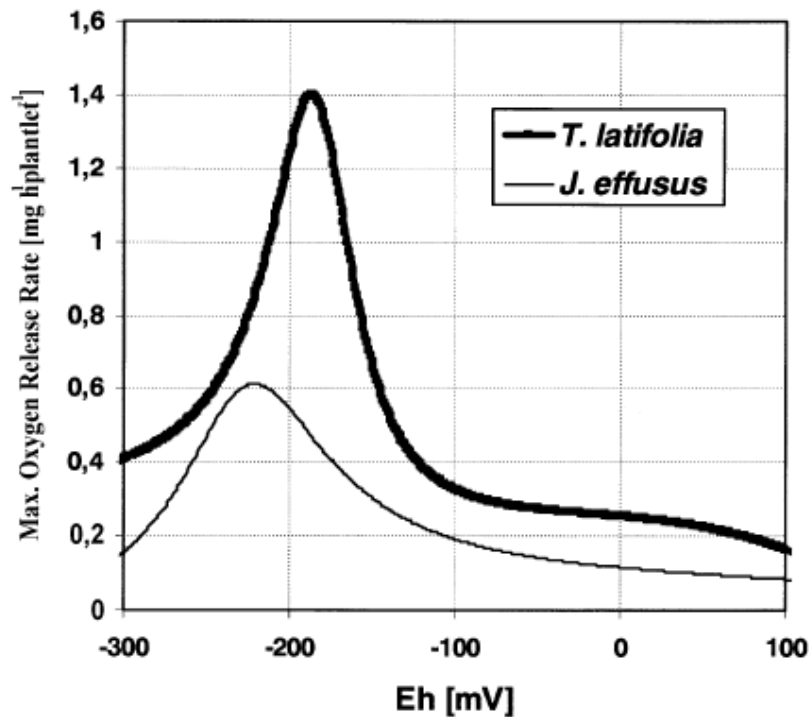
- charge
- hauteur de boue
- climat

Siccité et gestion

Lien hydrodynamique et minéralisation



Besoin de conditions aérobies



Les rhizomes doivent monter dans la couche de dépôt

Siccité et gestion

Adapter les cycles alimentation/repos à l'âge du système

Traitement des boues activées (4 à 8 lits)			
Phase de fonctionnement	Années de service	Jours d'alimentation	Jours de repos
Démarrage	1	1 – 3	3 – 21
	2	2 – 4	6 – 28
Nominal	3	3 – 5	9 – 35
	4	4 – 6	12 – 42
	8	8 – 10*	56 – 70
Traitement des matières de vidange (4 à 6 lits)			
Phase de fonctionnement	Années de service	Jours d'alimentation	Jours de repos
Démarrage	1	1 – 2	3 – 10
	2	2 – 3	6 – 15
Nominal	3	3 – 4	9 – 20
	4	4 – 5	12 – 25**

Siccité et gestion

Adapter la charge au nbre de lits

Traitement des boues activées

Charge surfacique (en kg MS.m ⁻² .an ⁻¹) à appliquer			
Nb et configuration des lits	Démarrage	Nominale	Curage (surcharge maximale acceptable sur les autres lits)
4 lits CB/DB*	15	30	40
6 lits CB/DB*	20	40	50
8 lits CB/DB*	25	40/50	50/60

Traitement des matières de vidange

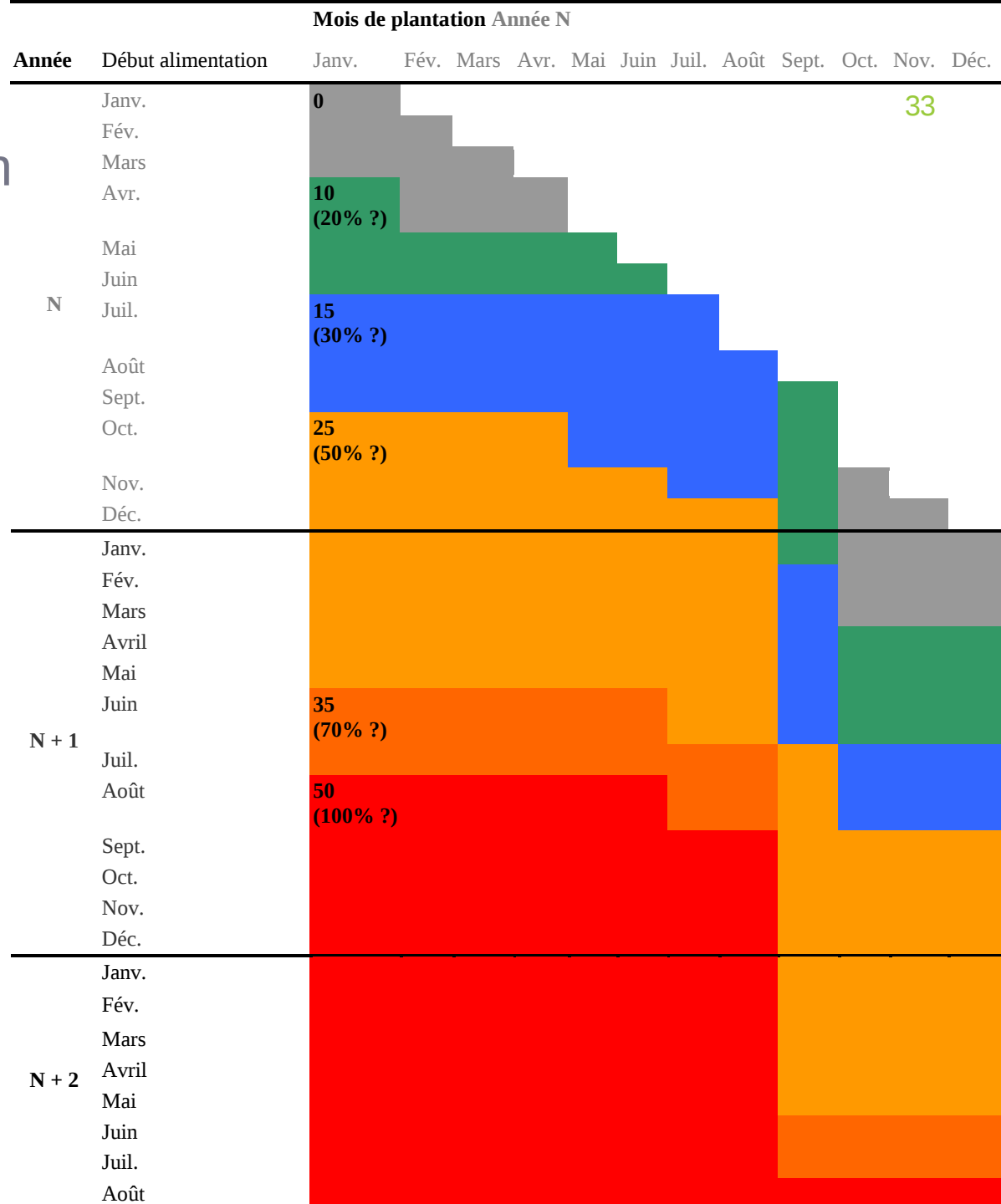
Charge surfacique (en kg MS.m ⁻² .an ⁻¹) à appliquer			
Nb et configuration des lits	Démarrage	Nominale	Curage (surcharge maximale acceptable sur les autres lits)
6 lits CB/DB*	30	50	70



Siccité

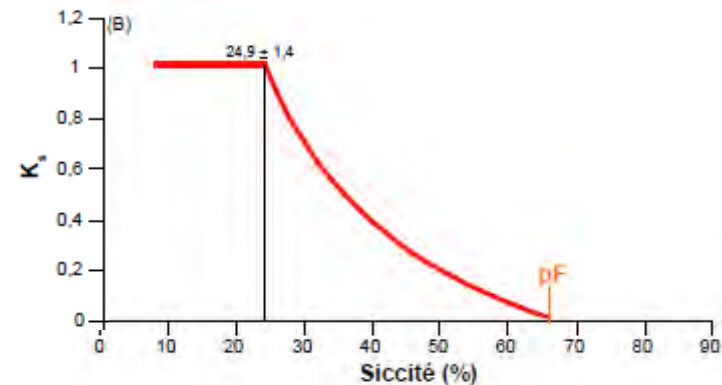
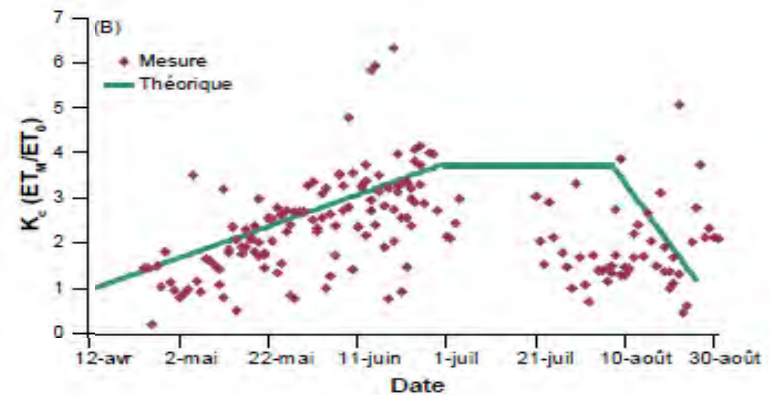
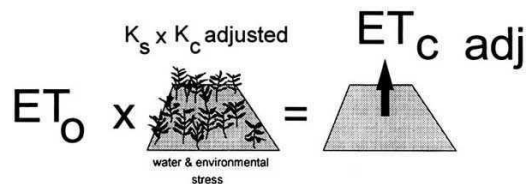
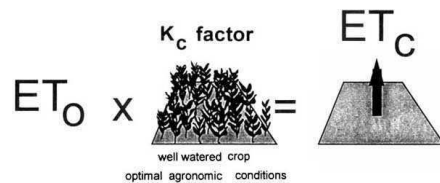
**Période de démarrage :
ex. des Boues activées**

**Roseaux de 1,5 à 2 ans
d'âge**



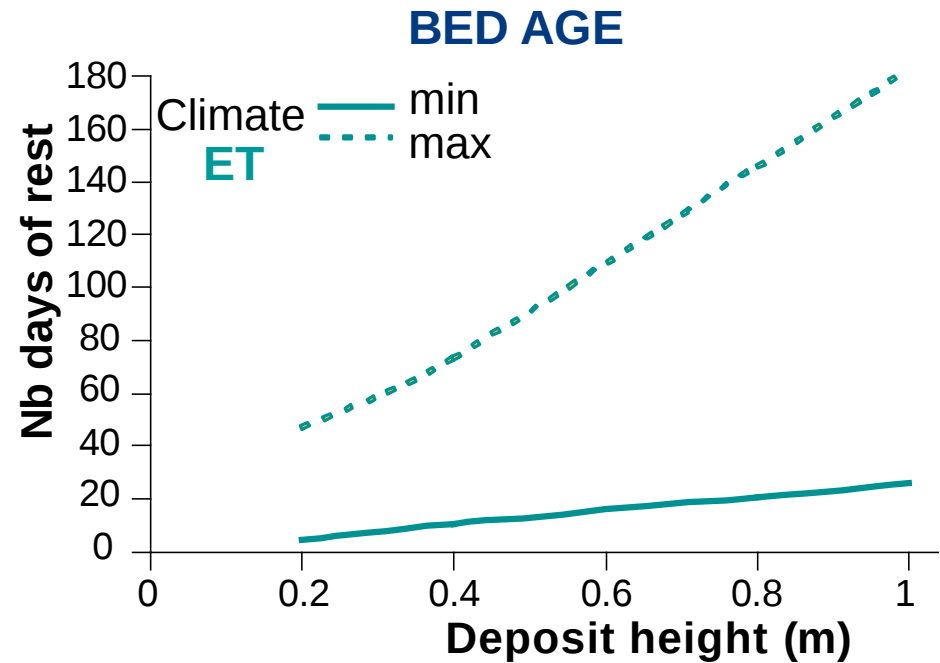
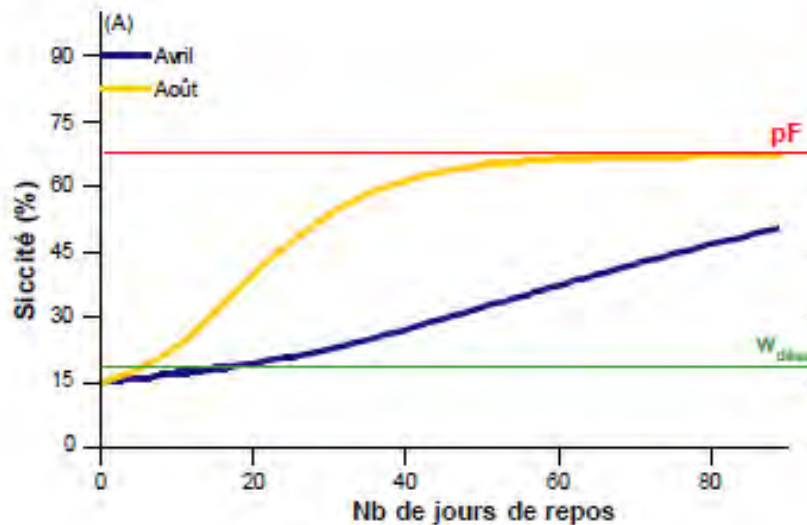
Siccité et gestion

Période de repos prolongée : Quelle siccité peut on atteindre ?



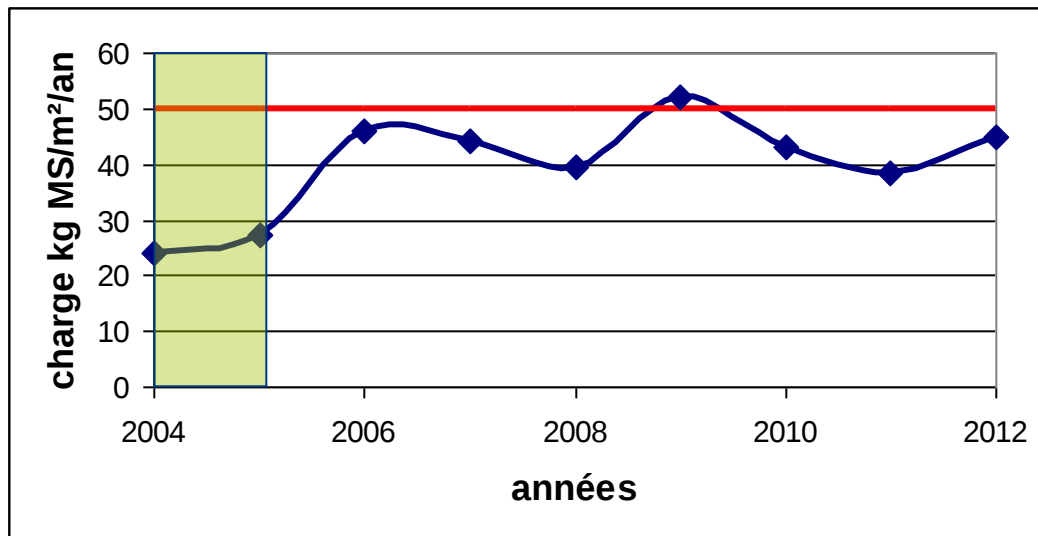
Siccité et gestion

Période de repos prolongée : peut elle permettre d'atteindre les 40 % ?



4 à 6 mois de repos : curage en Juillet - Aout

Exemple : station d'Andancette (13 000 EH)



**Fin de période de repos
classique : 22 %**

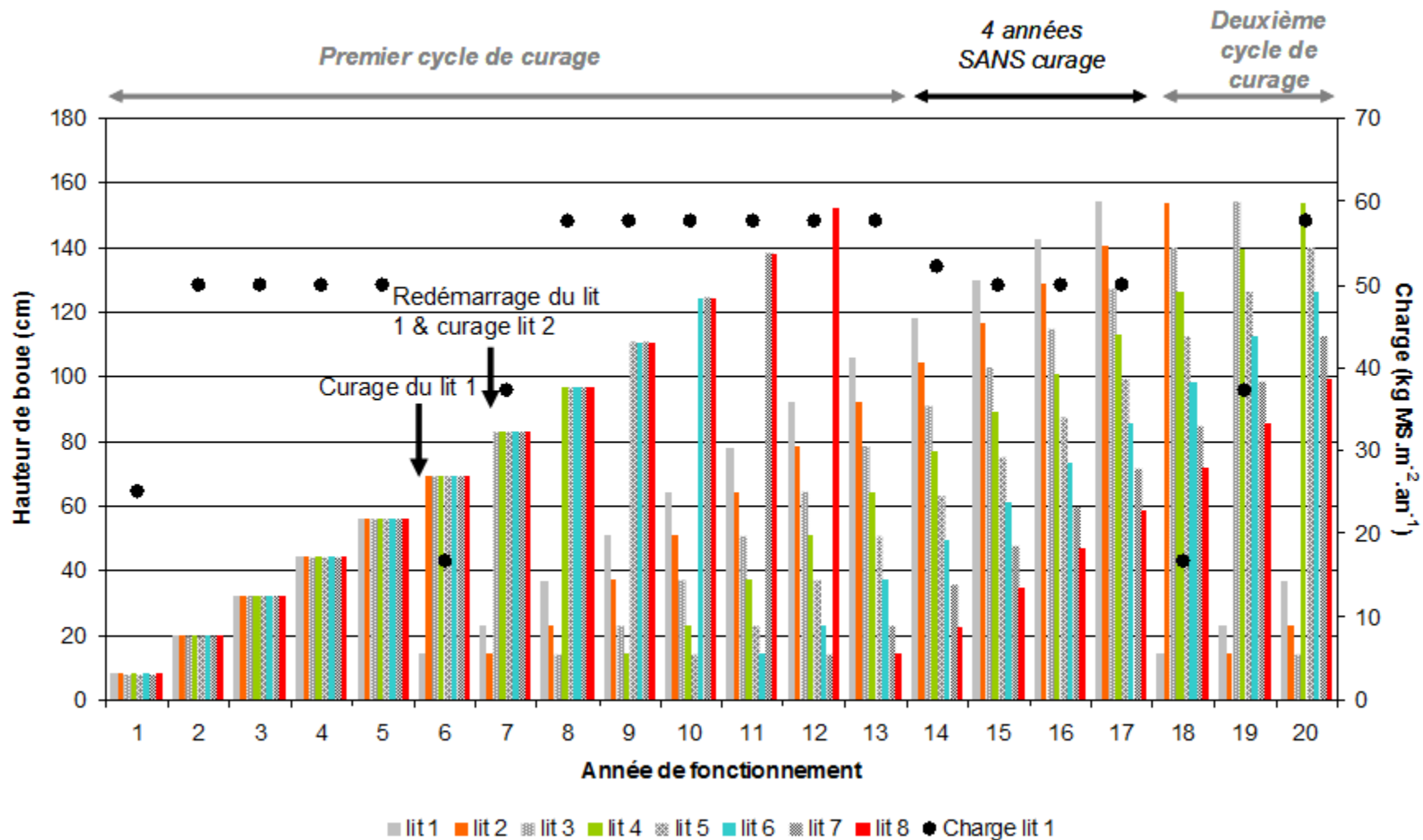
(3,5 mois)

**Après repos prolongé
(6 mois – Juillet)**

42 %

Anticiper le curage

On ne cure qu'un seul lit à la fois



Quels moyens de contrôle ?

**Rapport d'alimentation
à faire régulièrement**

**Calcul quotidien des charges
appliquées**

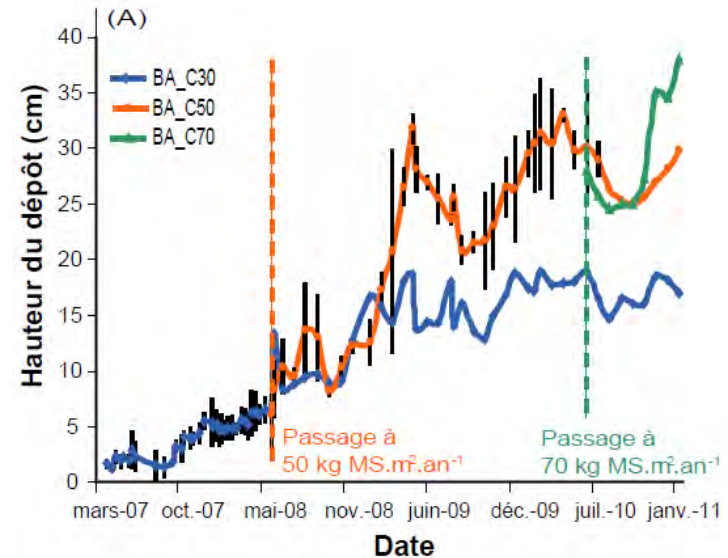
Fréquence d'alim/repos

**Observation des roseaux,
lombrics, odeurs, adventices ...**

Quels moyens de contrôle ?

**Rapport d'alimentation
à faire régulièrement**

**Suivi de la hauteur
d'accumulation du dépôt**

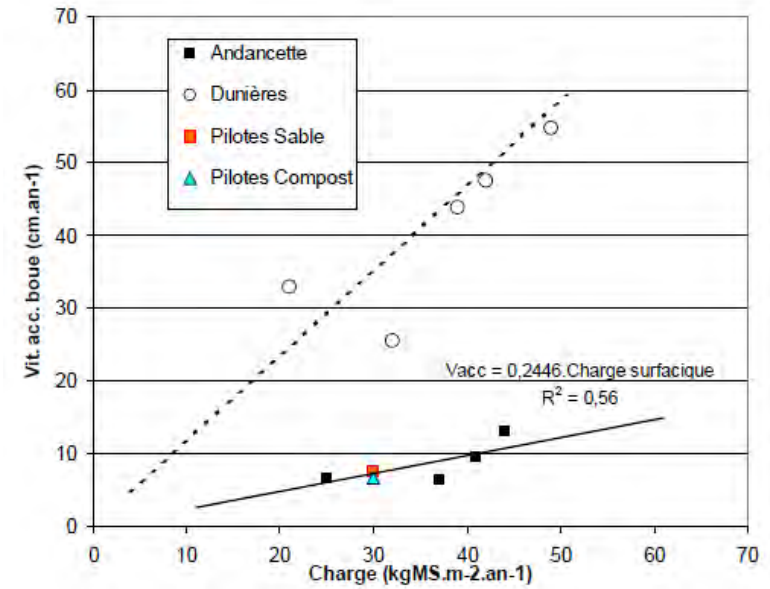


Type de boues	Boues activées	
Charge	30	50
Vit. D'accumulation (cm/an)	6	10

Quels moyens de contrôle ?

**Rapport d'alimentation
à faire régulièrement**

**Suivi de la hauteur
d'accumulation du dépôt**

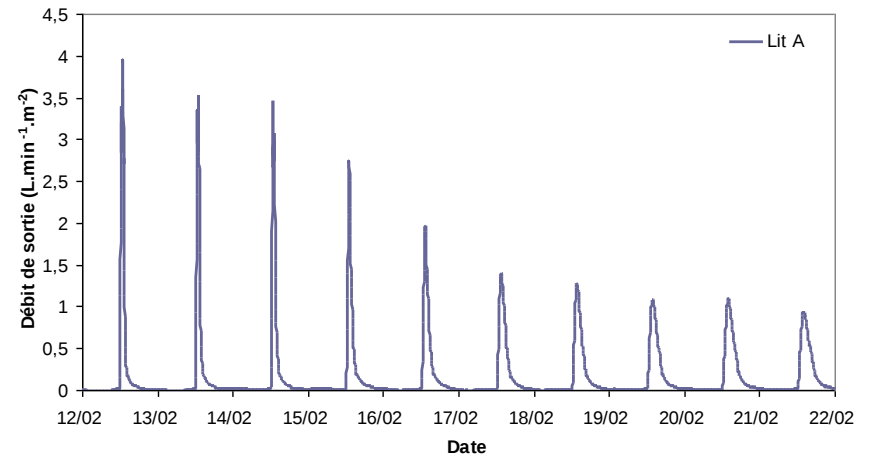


Quels moyens de contrôle ?

**Rapport d'alimentation
à faire régulièrement**

**Suivi de la hauteur
d'accumulation du dépôt**

Mesure du débit de drainage



Indication pour l'alternance

Quels moyens de contrôle ?

**Rapport d'alimentation
à faire régulièrement**

**Suivi de la hauteur
d'accumulation du dépôt**

Mesure du débit de drainage

**Mesures de siccité en fin de
période de repos**

**Au moins une mesure par
an en fin d'hiver**



Qualité des boues au curage

Des boues stables

	Boues activées		Matières de vidange		Mélange BA/MV
	Lit F	Lit G	Sable	Compost	Sable
Charge moyenne en $\text{kgMES.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ (en $\text{kgMS.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$)	26 (35)*	22 (30)*	31 (39)**	31 (39)**	32 (40)**
Temps de repos depuis dernière alimentation (jours)	100	86	18	18	18
Matière sèche (% de matière brute)	24,5	23,1	26,9	27,9	24,9
Matière organique (en % de MS)	58,8	62,3	56	58,8	54,4
Rapport $\text{C/N}_{\text{organique}}$ initial	$6,2 \pm 0,4$	$6,2 \pm 0,4$	$8,1 \pm 2,0$	$8,1 \pm 2,0$	$8,1 \pm 2,7$
Rapport $\text{C/N}_{\text{organique}}$	8,0	8,2	8,2	8,6	7,8
ISB (%)	93,2	90,4	100	100	73,2
CBM (%) (Tr)	45,9	45,6	59,7	61,0	46,8
Coefficient de minéralisation maximal du carbone en 91 jours (%)	26,7	18,9	30,5	29,1	28,9
Matière organique stable (en% de MO)	73,3	81,1	69,5	70,9	71,1
Coefficient de minéralisation maximal de l'azote organique en 91j (%)	28,0	17,1	12,5	11,5	15,9

Qualité des boues au curage

Des boues stables

	Caractéristiques rhéologiques des boues	
Seuil de contrainte – Slump-test (Pa)	3243	3225
Module élastique (Pa)	234	447
Raideur (N.m^{-1})	2564	4257
Cohésion (kPa)	0.75	1.09
Angle de frottement interne (tan phi)	0,1148	0,0489

- Similaires boues chaulées à 15 % : matériau solide
- Matériau bien structuré et peu déformable



Qualité des boues au curage

Des boues stables

- Valeurs agronomiques
 - MO : 50 – 60 % des MS
 - Azote global en N : 3-4 % des MS
 - P₂O₅ : 5-7 % des MS
 - Potassium (K₂O) : de l'ordre de 0,2 % des MS
- Intérêt
 - Amendement organique stabilisé pauvres en matière organique : équilibre le bilan humique du sol à long terme.
 - Azote organique : peut contribuer à un apport progressif d'azote sur le long terme : éviter les « faim d'azote »
 - Intérêt en apport en Phosphore

Qualité des boues au curage

Contaminants bas

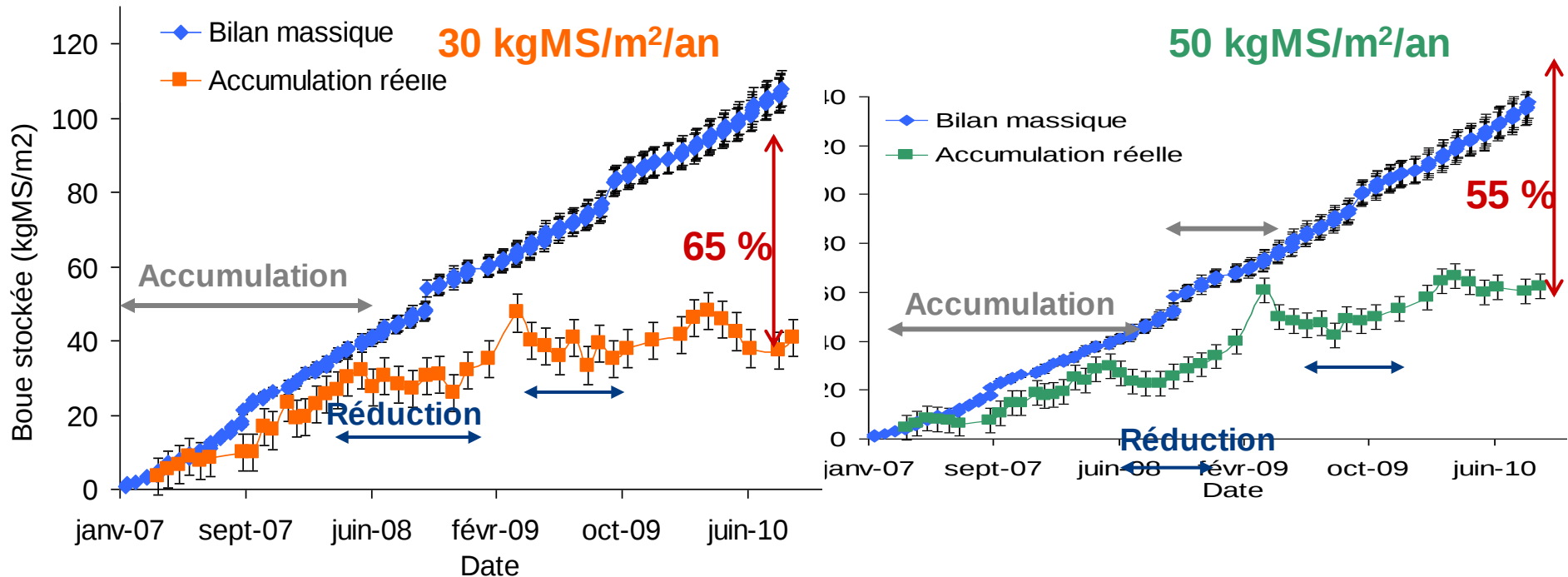
■ métaux

		Valeurs limites (Arrêté du 01/01/1998)	Valeurs limite Norme NF U 44-095	Conc. Substrat Boues activées	Conc. Substrat Matières Vidange
Cr	mg/kgMS	1 000	120	43,7	30,5
Cu	mg/kgMS	1 000	300	442	316
Ni	mg/kgMS	200	60	34,95	19,8
Zn	mg/kgMS	3 000	600	967,5	1180
Cr + Cu + Ni + Zn	mg/kgMS	4 000	-	1488,1	-
As	mg/kgMS		18	2,3	3,0
Cd	mg/kgMS	10	3	2,25	2,6
Pb	mg/kgMS	800	180	61,0	51,6
Hg	mg/kgMS	10	2	1,8	1,7
Se	mg/kgMS	-	12	3	2,1

Réduction du volume de boues

■ Dépôt de boue :

– Bilan : $DM_{\text{stored}} = DM_{\text{in}} - DM_{\text{out}} + DM_{\text{reeds}}$ (kgMS/m²)



• Accumulation/réduction coïncide, hiver/été

• Importante réduction de MS



Accumulation des métaux

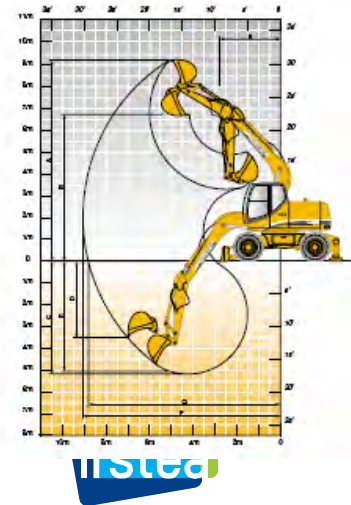
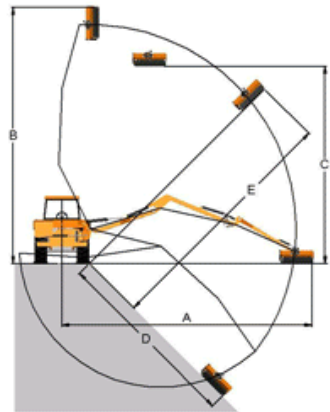
Qualité des boues au curage

Contaminants bas

- **Éléments traces**
 - **Composés traces organiques**
 - PCB : Accumulation dans la MO mais concentrations faibles : de l'ordre de 0,01 à 0,08 mg/kg de MS pour la somme des 7 PCB
 - HAP : bonne dégradation . Conforme à la norme NF U 44-095

Curage

- Période : Juillet –Août
- Attention à la conception des lits : accessibilités pour le curage
- Broyage préalable peut facilité l'opération de curage : Epareuse
- Curage avec godet / pas de tassage de la boue



Curage

- Laisser 10 cm de boues (couches surfacique de filtration)
- Si les lits sont de grande dimension, ils est possible de descendre un engin sur le lits
 - Nécessité d'avoir une bonne siccité ($> 30\%$ de MS)
 - Prévoir une rampe d'accès dès la conception



Epandage

- Vérifier la qualité de la boue (conformité du système d'épandage)
- Vérifier les quantités épandues
- épandre uniformément
- Broyer les rhizomes



Épandeur à hérissons à couteaux tournant à plein régime



*Protocole de prélèvement pour
l'échantillonnage des boues dans
les lits de séchage plantés de
roseaux en vue de leur qualification
agricole*

Rapport final

Atelier thématique du Groupe de travail EPNAC
(Evaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes
Collectivités)

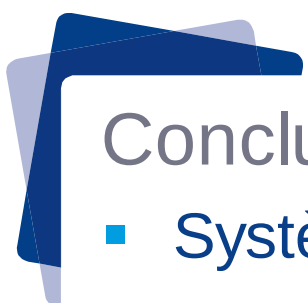
Octobre 2011



Reprise des roseaux en plein champs ?

- Repousse en plein champs de rhizomes lors d'une saison humide est possible
- Pour éviter toute repousse on recommandera :
 - Sol non hydromorphes seulement
 - Épandeur avec couteaux aiguisés tournant à plein régime
 - Voir enfouir les boues plus de 48 h après épandage





Conclusion

- **Système gourmand en place mais**
 - Gestion aisée des boues (stockage sur 7 – 8 ans)
 - Séchage/minéralisation des boues
 - Réduction de plus de 50 % des MS
 - Siccité supérieur à 25 % pour les BA et 30 % pour les MV
 - Bonne stabilité du produit final
 - Pas d'odeurs

- **Attention : ce système demande un gestion, simple mais attentive des lits.**
 - Si les lits sont considérés comme des poubelles, le systèmes dysfonctionnera et la vidange des lits sera problématique.

A low-angle photograph of several green corn cobs reaching upwards towards a bright blue sky with scattered white clouds. The perspective makes the cobs appear to be growing from the bottom of the frame and converging towards the top. The lighting is bright, suggesting a sunny day.

Je vous remercie de votre attention