



Partie 3 – Que deviennent les micropolluants adsorbables à travers les procédés de traitement des boues ?





Rendements d'élimination des micropolluants par les procédés de traitement des boues

S. Besnault

Irstea : J.M. Choubert, C. Miège, L. Dherret, P. Bados, G. Grisot, M. Coquery

Suez Environnement : S. Martin, N. Noyon, M. Esperanza

Université Bordeaux : H. Budzinski, K. Le Menach





UNIVERSITÉ
BORDEAUX



Objectifs

Evaluer le devenir des micropolluants dans les procédés de traitement des boues

- Développer une méthodologie adaptée pour le prélèvement et le suivi d'un « lot » de boue

Comparer différents procédés et conditions opératoires

Echantillonnage

- Suivi d'un « lot » de boue pendant le temps de séjour

Nombre d'échantillons élémentaires (n_{sp}) et fréquence d'échantillonnage (t) calculés selon la norme NF ISO 5667-13:1998 avec

$$n_{sp} = \frac{\sqrt{V}}{2} \quad t = \frac{60Q}{Gn}$$

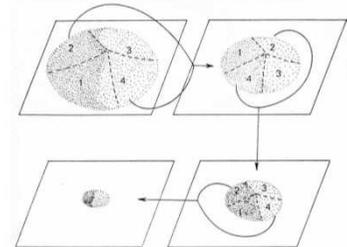
V = volume du « lot » de boue considéré en m³
 Q = masse de « lot » de boue considéré en T
 G = charge massique en T/h



- Préparation d'un échantillon

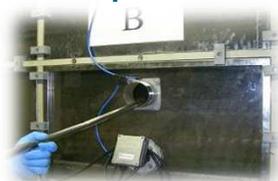
Méthode du quartage selon la norme NF ISO 5667-13:1998

Lyophilisation et broyage avant analyse



- Précautions pour limiter la contamination

lors de l'échantillonnage et du transport des boues: matériel de prélèvement en verre et en téflon, procédures de nettoyage du matériel ...





Méthodologie



78 micropolluants analysés dans 59 échantillons provenant de 9 installations de traitement des boues (séchage, digestion anaérobie, compostage, lits de séchage plantés de roseaux)





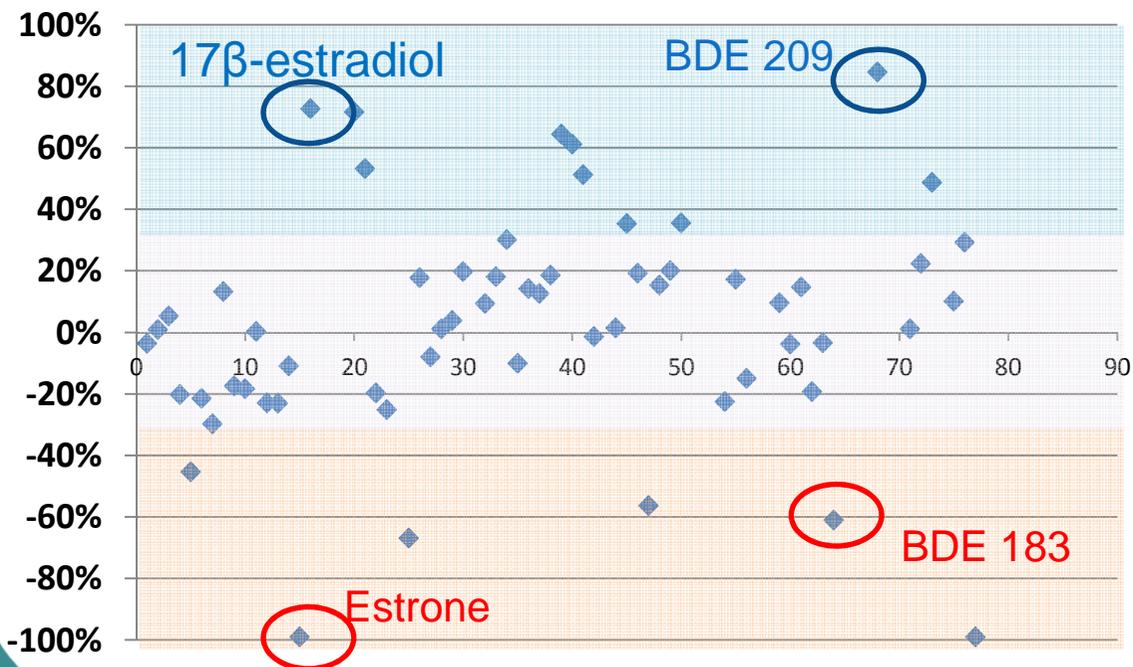
Méthodologie



Calcul de rendements

- Calcul de rendements intégrant l'incertitude globale: calcul de rendement possible ou rendement non calculable selon les cas
- Rendements exprimés en gammes

R<-30%	-30%<R<30%	R>30%



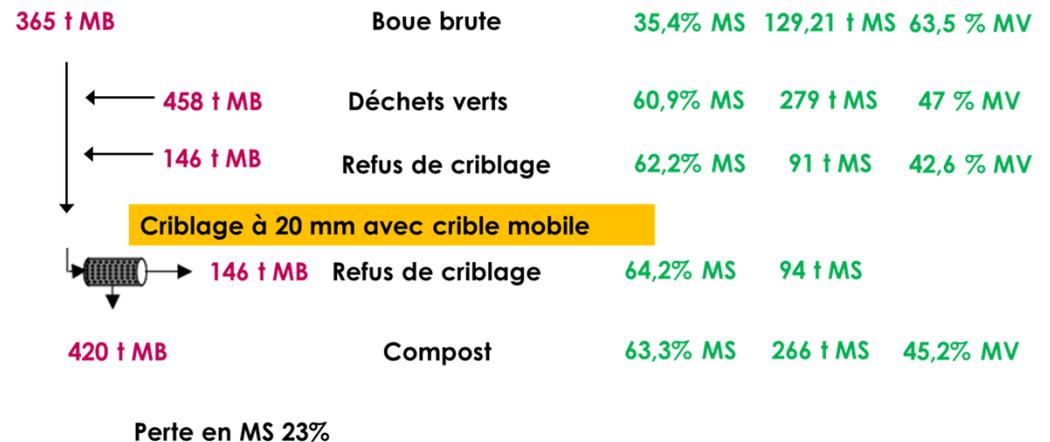
Exemple pour le cas du compostage en tunnels

Pas de gamme de rendement >70% car cela représente une vingtaine de rendements sur les ≈1000 potentiellement calculés

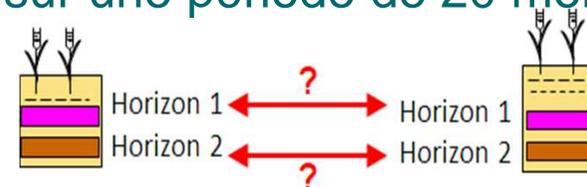
Calcul de rendements

- Calcul adapté à chaque procédé
- Exemple compostage:

Bilan matière pour un andain (site Fs)



- Exemple lits de séchage plantés de roseaux: évolution des concentrations en micropolluants sur une période de 20 mois au milieu et au fond d'un lit





Procédés étudiés

Procédés de séchage

Installation étudiée	Procédé	Temps de séjour de la boue	Caractéristiques
As	Sécheur haute température	5h	Sécheur à palette indirect, à 120°C
Bs	Sécheur basse température	1,8h	Sécheur à bande direct, T° 72°C
Cs	Séchage solaire	28 jours	Serre Héliantis, prélèvements de mai à juin





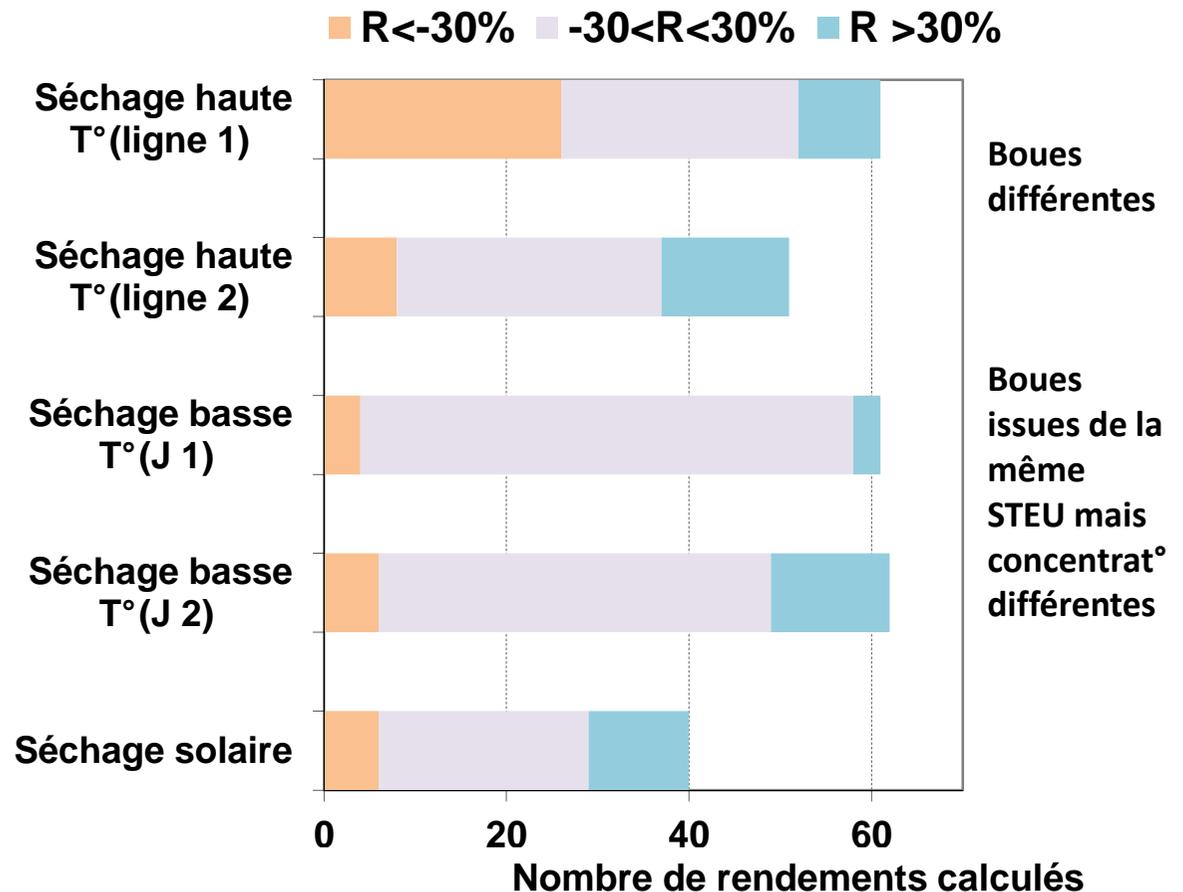
Résultats procédés de séchage



Synthèse sur le nombre de rendements



- Comportements différents selon les procédés de séchage
- Difficile de comparer les procédés entre eux
- Les tendances sont reproductibles entre deux lignes (sécheur haute T) et deux jours (sécheur basse T) mais il existe des exceptions





Résultats procédés de séchage

R<-30%	-30%<R<30%	R>30%

- Le sécheur haute T avec un temps de séjour plus long et une T plus élevée permet une meilleure élimination des micropolluants volatils et semi-volatils avec une constante de $H > 1 \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$

Certains HAPs,
alkylphénols, PCBs,
Muscs, Hg

Site	Haute T°(As)	Basse T°(Bs)
Substance	Ligne 2	Jour 1
Hg		
Benzo(a)anthracène		
Benzo(b+j+k)Fluoranthène		
Benzo(e) Pyrène		
4-Nonylphenol monoethoxylate		
4-ter octylphenol		
CB 50+28		
Galaxolide		
Tonalide		



Procédés étudiés

Procédés biologiques

Installation étudiée	Procédé	Temps de séjour de la boue	Caractéristiques
Ds	Digestion anaérobie	20 jours	T° 35-37°C
Es	Compostage tunnels	1 mois	Tunnels fermés ventilés, compostage accéléré, prélèvements de mars à avril
Fs	Compostage casiers	2 mois	Casiers semi-fermés ventilés sous toiture avec recirculation d'air chaud, prélèvements de juin à août
Gs	Compostage andains	1,5 mois	Andains en extérieur, non ventilés, prélèvements de mai à juin
Hs	Lits de séchage planté de roseaux (LSPR)	Vidange au bout de 10 ans	Filière à 8 cellules. 1 cellule étudiée, alimentée 2j, repos 14j.
Is	Lit de séchage planté de roseaux (LSPR)	Vidange au bout de 10 ans	Filière à 8 cellules, 1 cellule étudiée, alimentée 2 semaines, repos 14 semaines. Pas d'alimentation 4 mois avant épandage

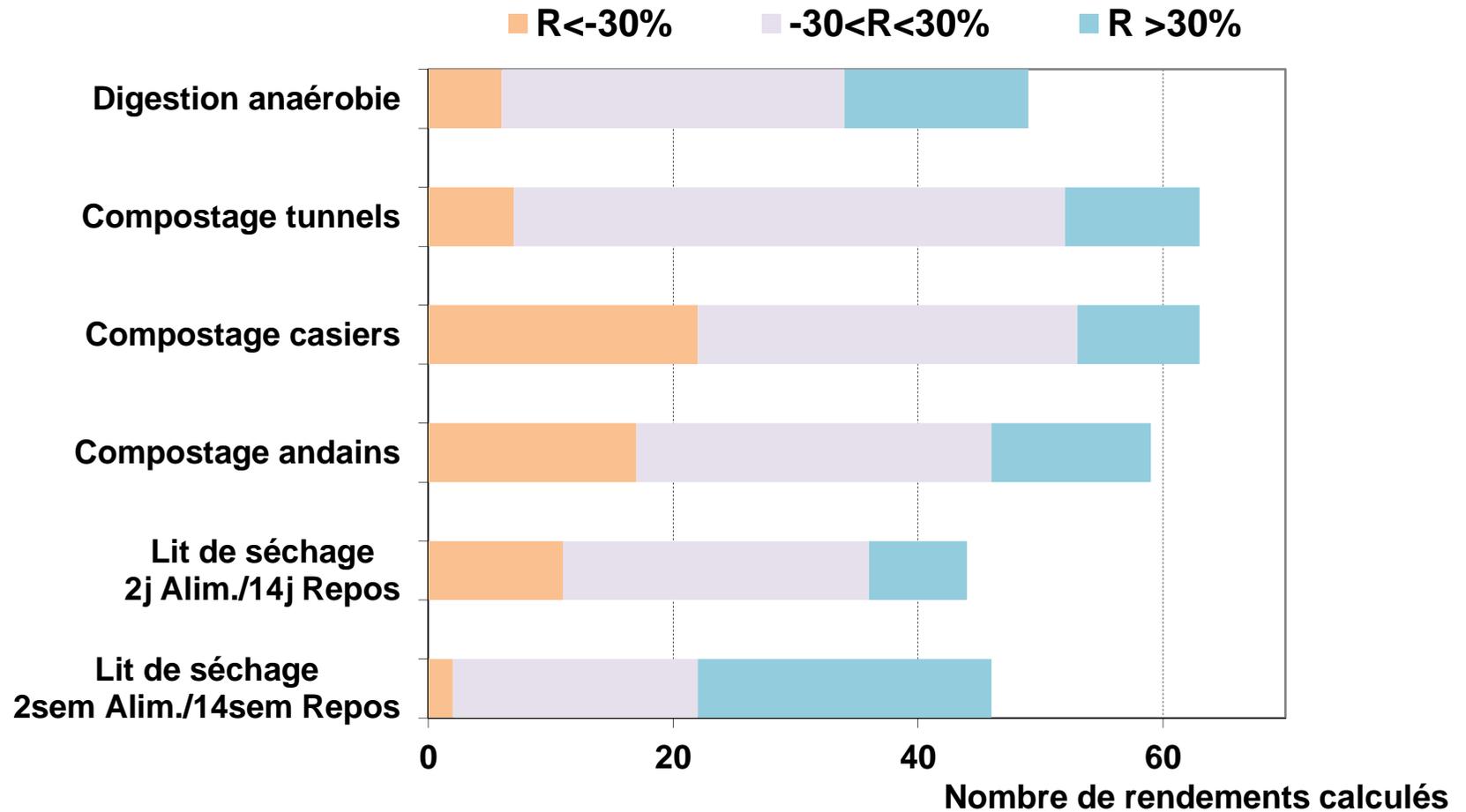




Résultats procédés biologiques



Synthèse globale





Résultats procédés biologiques

Synthèse globale

- Nombre de rendements calculables différent selon les sites
- Lit de séchage planté de roseaux avec rythme d'alimentation plus faible = meilleure efficacité d'élimination que lit de séchage planté de roseaux avec rythme d'alimentation élevé
- Pas de hiérarchisation des procédés de compostage



Résultats par familles de micropolluants

METAUX

- Aucun procédé n'a permis d'éliminer les métaux (excepté Hg dans sécheur haute T). Leur conservation permet de vérifier la pertinence de la méthodologie de prélèvement

AUTRES MOLECULES

- Compostage casier et lits de séchage planté de roseaux = procédés les plus efficaces sur DEHP, galaxolide, tonalide, di-butylphtalate et triclosan

Substance	Compostage tunnels (Es)	Compostage casiers (Fs)	Compostage andains (Gs)	LSPR Alim. 2j / Rep. 14j. (Hs) horizon 2	LSPR Alim. 2sem / Rep. 14sem (Is) horizon 2
Galaxolide					
Tonalide					
Di-Butylphtalate			NC	NC	NC
Triclosan					
DEHP					



Résultats par familles de micropolluants

PCBs

- PCBs partiellement éliminés par séchage solaire, digestion anaérobie et lits de séchage planté de roseaux

Substance	Séchage solaire (Cs)	Digestion anaérobie (Ds)	LSPR Alim. 2j / Rep. 14j. (Hs) horizon 1	LSPR Alim. 2sem / Rep. 14sem (ls) horizon 1
CB 50+28	NC		NC	
CB 52	NC	NC		
CB 101				
CB 118	NC	NC		
CB 153				
CB 138				
CB 180	NC			

ALKYLPHENOLS

- Tous les procédés étudiés permettent une élimination des nonylphénols éthoxylates (dégradés en nonylphénols). Les nonylphénols ne sont éliminés que dans le compostage casier et le lit de séchage planté de roseaux avec rythme d'alimentation faible



Résultats par familles de micropolluants

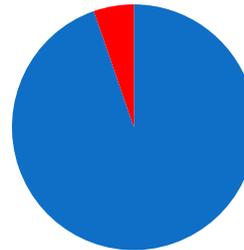
PBDEs

- Le comportement des PBDEs est variable selon le procédé de traitement des boues et leur poids moléculaire. Certains procédés dégradent les PBDE de haut poids en PBDE plus légers (digestion anaérobie, séchage solaire)

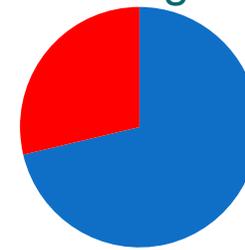
Proportion de PBDE
lourds/légers



Avant



Après séchage solaire



HAPs

- Le séchage thermique semble permettre une réduction de la concentration en HAPs. Les HAPs sont partiellement éliminés également par le lit de séchage planté de roseaux à faible rythme d'alimentation



Merci de votre attention

Pour en savoir plus :

- Rapports détaillés Action D du projet ARMISTIQ (2014)
- Numéro spécial TSM (2015)

