



Partie 1 – Peut-on améliorer l'élimination des micropolluants des eaux usées en optimisant le procédé à boues activées ?





Mécanismes d'élimination et possibilités d'amélioration des rendements

J.M. Choubert

Irstea : M. Pomiès, C. Miège, C. Crétollier, L. Dherret, M. Coquery

Suez Environnement : M. Esperanza, N. Noyon

Université Bordeaux : H. Budzinski, K. Le Menach





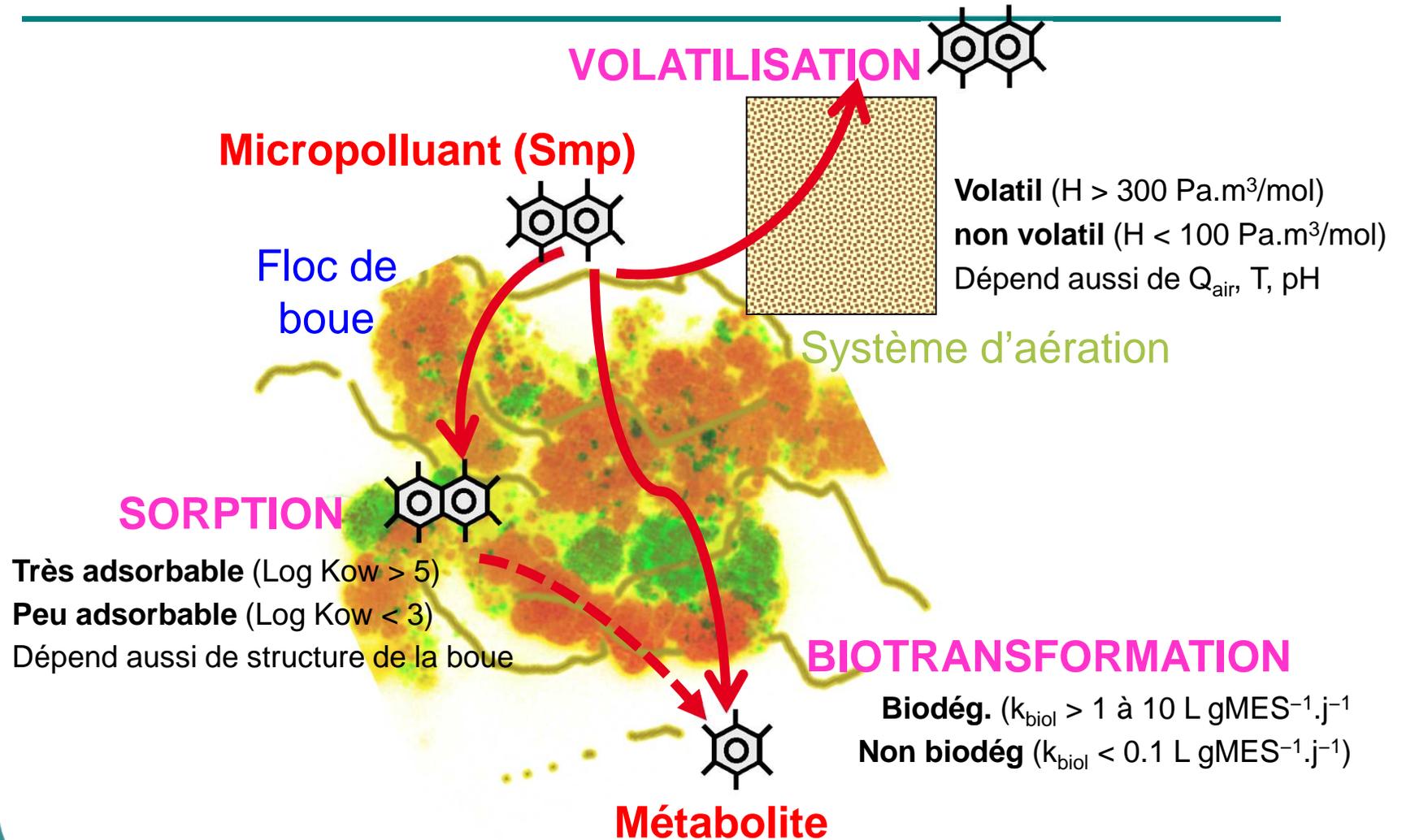
Contexte

- Rendements d'élimination des micropolluants (adsorbables et/ou biodégradables) sont plus élevés en présence de nitrification

$$R_{\text{primaire}} < R_{\text{secondaire}} < R_{\text{secondaire avec nitrification}}$$

- Les connaissances de l'influence des conditions de fonctionnement sur l'élimination des micropolluants, et celles sur la contribution des différents mécanismes, sont partielles

Rappel des principaux mécanismes





Objectifs

- Peut-on réduire les concentrations de micropolluants dans les rejets avec les procédés existants ?
 - Cas du procédé boues activées aération prolongée
 - Quelle influence des conditions de fonctionnement sur l'élimination des micropolluants ?



Méthodologie

1. Étude approfondie du procédé boues activées aération prolongée
 - Etudier différentes conditions de fonctionnement
2. Etude en réacteur pilote avec dopage en micropolluants
 - Étudier les mécanismes (sorption, biotransformation)
3. Modélisation
 - Améliorer l'élimination des micropolluants



Étude d'un procédé boues activées aération prolongée (2900 EH)

- Echantillonnage : entrée/sortie (eau) et boues (8 campagnes sur un an)





Rendements d'élimination

- 2 descripteurs :
 - R_W (Δ entrée – sortie file eau) qui caractérise l'élimination au sein de la phase eau
 - R_T (Δ entrée – sortie eau – sortie boue) qui caractérise l'élimination par la STEU en déduisant la quantité stockée dans les boues
- 3 situations rencontrées :
 - Si $R_T = R_W \rightarrow$ biotransformation
 - Si $R_T < R_W \rightarrow$ biotransformation **et** sorption
 - Si $R_T = 0 \rightarrow$ pas de biotransformation (transfert vers les boues)
- 4 classes de rendements :
 - < 30%  ; 30 à 70%  ; 70 à 90% :  ; > 90% : 

Etude en pilote

Objet = Détermination des coefficients de partition dissous/particulaire (K_d), et des constantes de biotransformation (k_{biol})



Méthodologie développée et testée

2 réacteurs de 200 litres : 1 aéré + 1 anoxie, étudiés 4 j chacun

4 étapes :

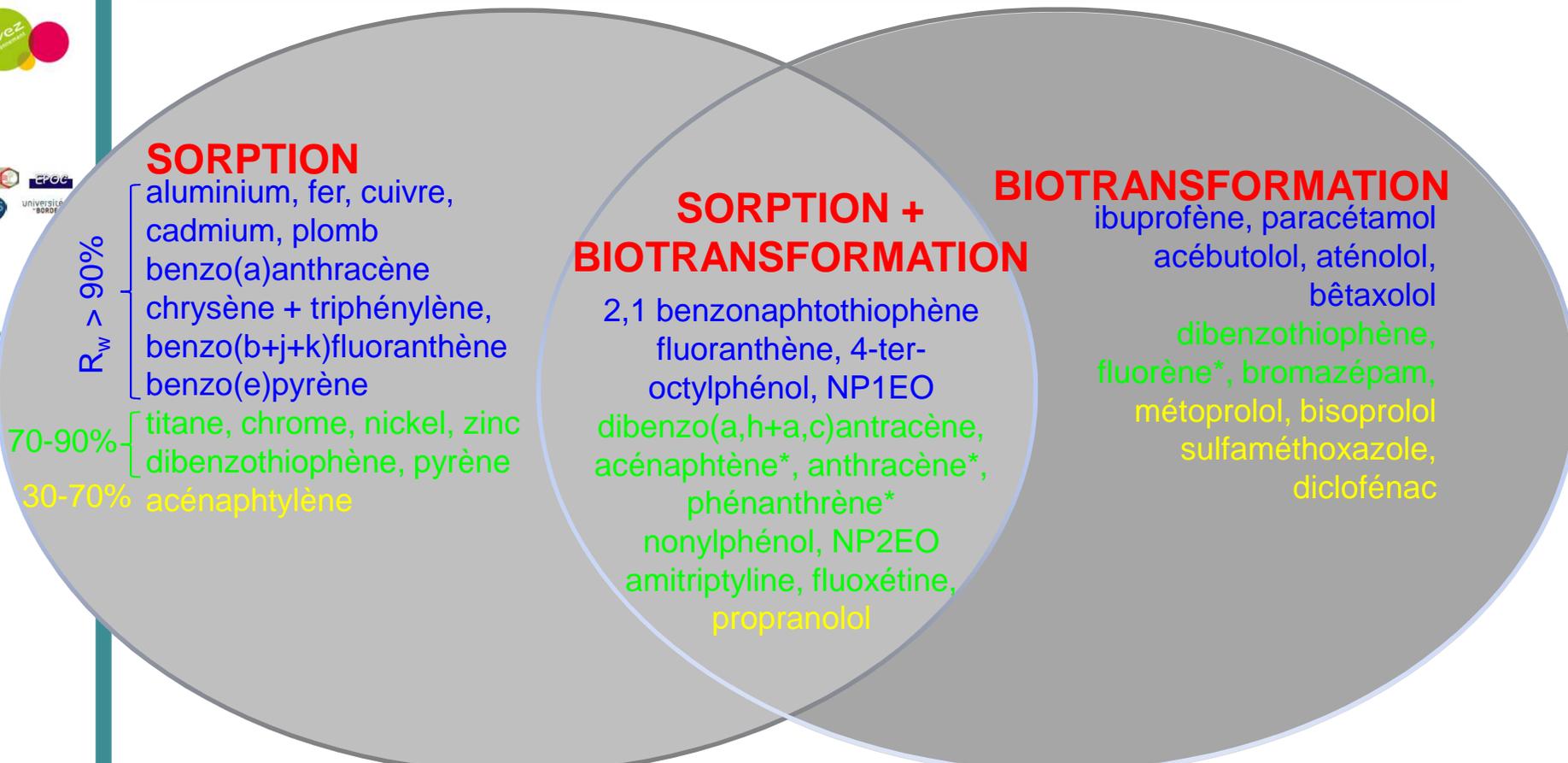
- i. étape préliminaire
- ii. étape suivant un dopage de 23 micropolluants
- iii. étape suivant un ajout d'eau usée (DCO biodégradable)
- iv. étape suivant un ajout de chlorure d'ammonium ou de nitrates de potassium

11 échantillons prélevés (chaque réacteur) :

- 8 (analyse dissous)
- 3 (analyse dissous et particulaire)



Quelle contribution des mécanismes à l'élimination des micropolluants ?



Classification en 3 groupes selon les mécanismes impliqués

La volatilisation est possible pour quelques HAPs (*)

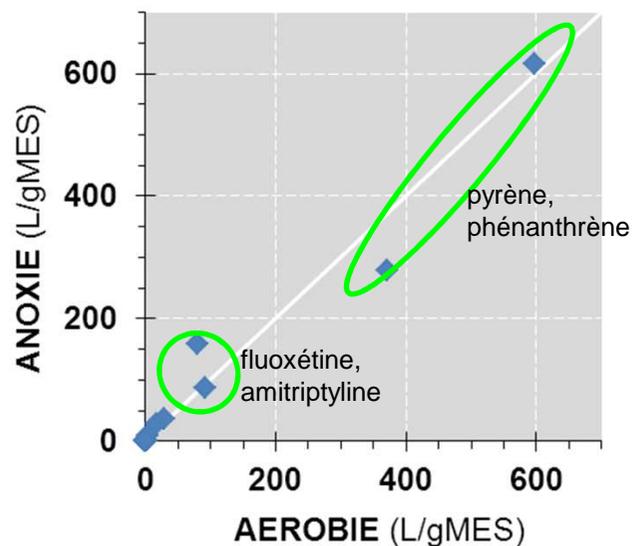
La biotransformation doit être reliée aux temps de séjour appliqués (hydraulique et boues)

Que se passe-t-il en anoxie ?

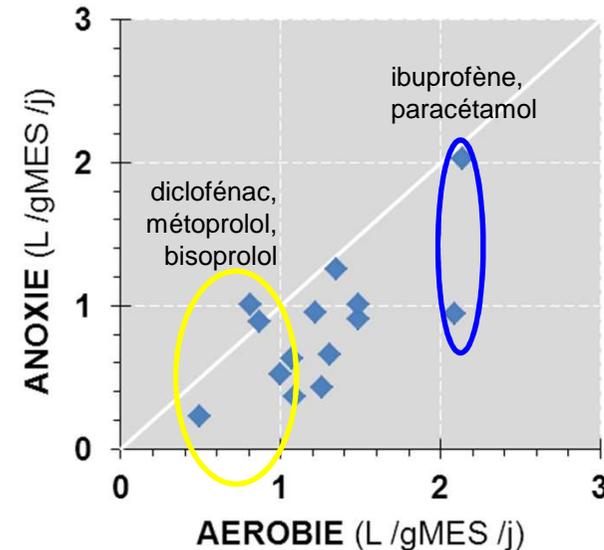
Coefficient de partition (Kd)

$$K_d = \frac{X_{mp}}{S_{mp} \text{ MES}}$$

Relie la concentration en phase dissoute (S_{mp}) à celle en phase solide (X_{mp})



Constante de biotransformation (k_{biol})

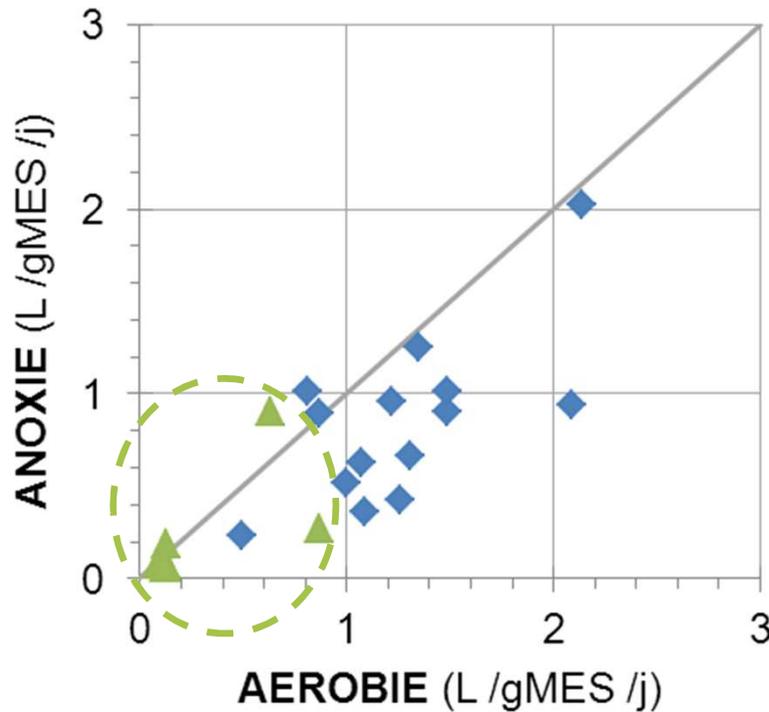


Equilibre de sorption similaire entre aérobie et anoxie (pas de désorption)
 → Équilibre dépend plutôt de la structure de la boue (et pas du rédox)

Biotransformation existe en anoxie mais plus rapide en aérobie (+20 à +60%)
 Constantes les plus élevées pour les micropolluants les plus éliminés



Que se passe-t-il pour les micropolluants adsorbés ?



Constante de biotransformation
aérobie (k_{biol})

En phase dissoute

En phase particulaire

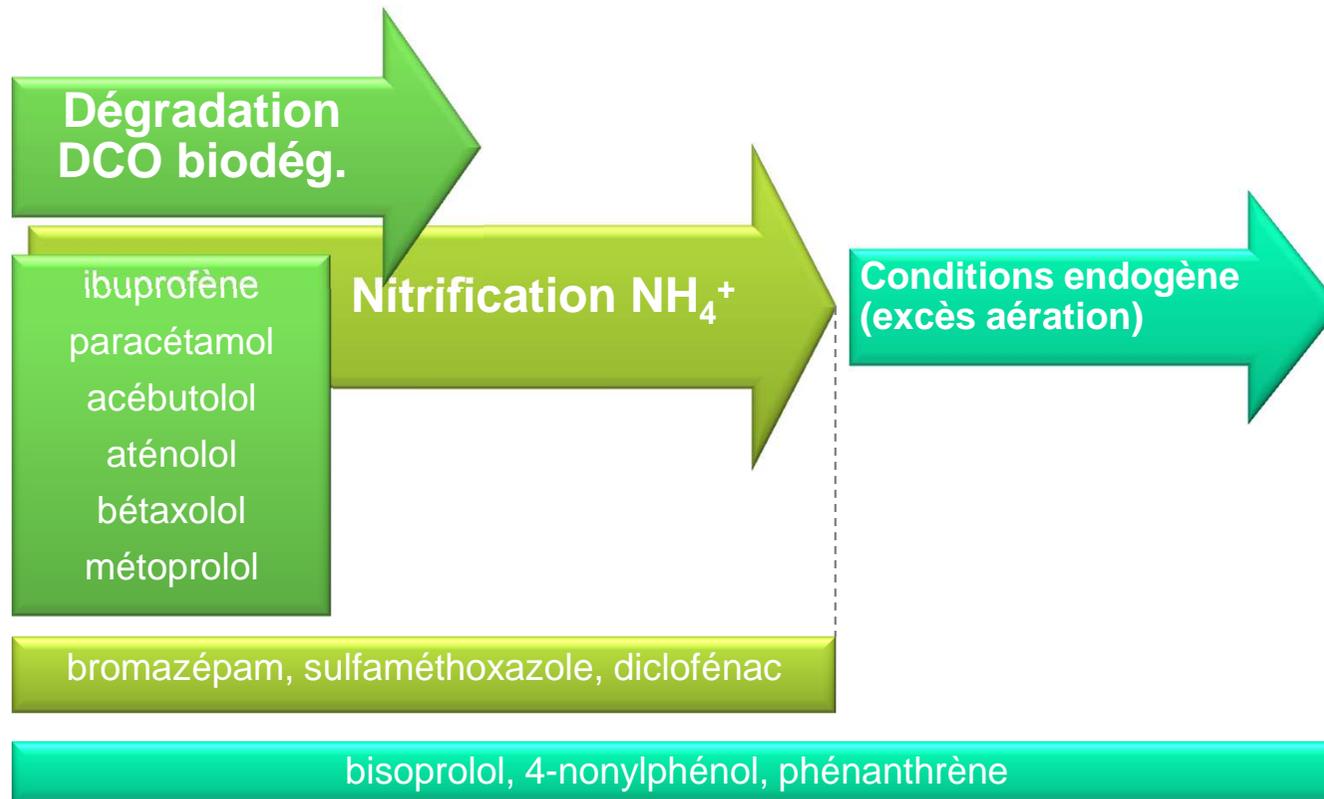
Constante de biotransformation des micropolluants adsorbés sur la phase particulaire difficilement mesurable (peu de valeurs calculables)
Valeurs jusqu'à 10 fois plus faibles que celles pour la phase dissoute



Quel lien avec l'élimination de la DCO biodégradable et du NH_4^+ ?

Elimination principalement lors du traitement des polluants classiques (cométabolisme)

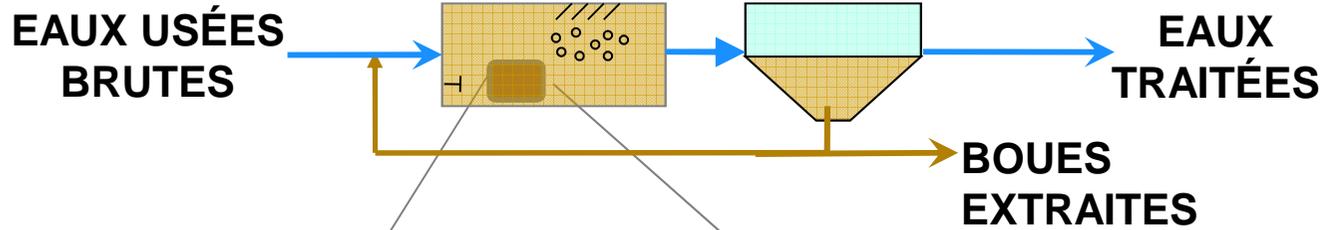
Lors de chaque période d'aération :



Pas pu conclure pour : propranolol, amytriptyline, fluoxétine, 4-tert-butylphénol



Modélisation

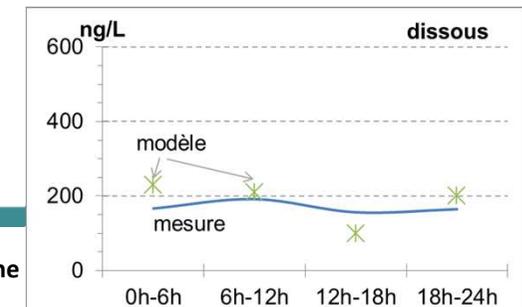
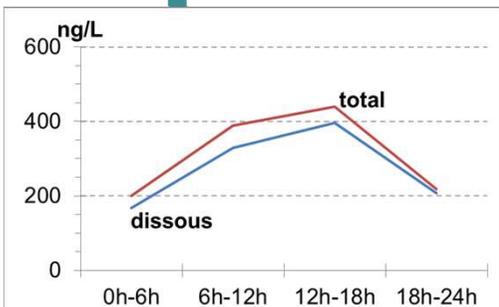
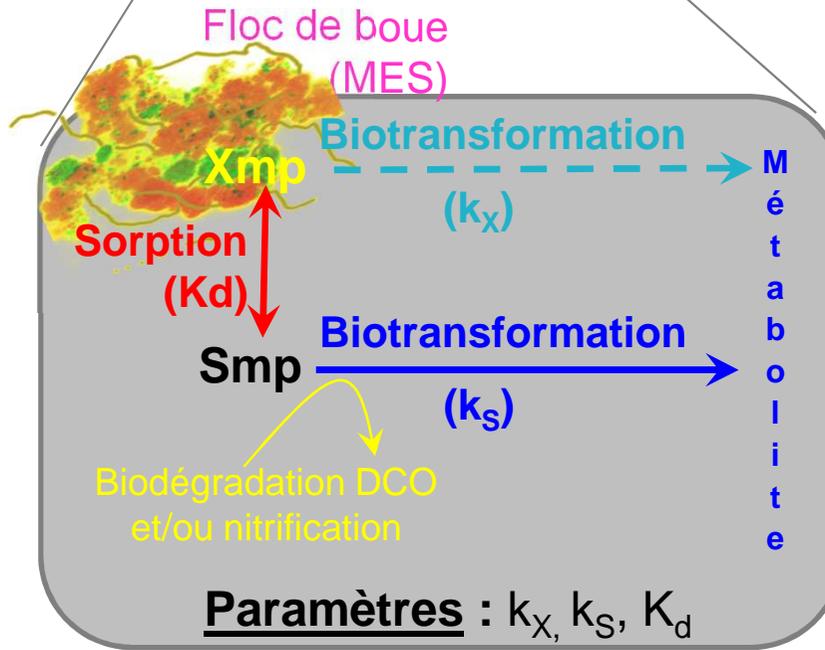


Entrées du modèle

Q, DCO, NH_4^+
 Temps d'aération
 Conc. micropolluants dissous et total

Sorties du modèle

DCO, NH_4^+, NO_3^-
 Conc. micropolluants dissous (sorties) et dans les boues (total)





Améliorations possibles

Conditions de fonctionnement du bassin d'aération	Mécanisme impliqué
durée de présence d'oxygène (si NH_4^+ résiduel dans le rejet)	biotransformation
concentration en boue (MES)	sorption, biotransformation
température	constante de biotransformation

L'augmentation de rendement d'élimination et diminution des concentrations dans le rejet dépend de chaque micropolluant

Micropolluants partiellement éliminés

R_w augmente de 10 à 15 unités
Conc. rejet diminue de 10-20%
Ex. métoprolol, bisoprolol, propranolol, diclofénac, sulfaméthoxazole

Micropolluants bien éliminés

R_w augmente de 5 à 8 unités
Conc. rejet diminue de 20-30%
Ex. bromazépam, amitriptyline, fluoxétine

Micropolluants très bien éliminés

R_w augmente de 1 à 3 unités
Conc. rejet diminue de 30-40%
Ex. ibuprofène, paracétamol, acébutolol, aténolol, bêtaxolol



Conclusions

- Détermination des processus qui expliquent l'élimination des micropolluants en boues activées :
 - sorption, biotransformation
 - influence des conditions aérobie/anoxie
- Mise au point d'un modèle de STEU
 - stratégie de collecte de données spécifiques (STEU/pilote, variabilité intra-journalière)
 - détermination du paramétrage (calage)
 - simulations prédictives



Conclusions

- Rendements plus élevés en adaptant les conditions de fonctionnement :
 - viser une élimination poussée de NH_4 avec concentration faible en MES ; la sur-aération n'apporte pas d'élimination supplémentaire
 - micropolluant-dépendant, et dépend de la concentration en entrée et de l'aptitude à être sorbée/biotransformée (réduction des concentrations de sortie de 10 à 30%)



Conclusions

- Nécessité de poursuivre le développement du modèle et d'élargir son domaine de validité (conditions de fonctionnement, configurations, autres procédés) avec la stratégie développée
- Réduction à la source, et traitement complémentaires



Merci de votre attention

Pour en savoir plus :

- Rapport bibliographique (2010)
- Rapport détaillé Action C du projet ARMISTIQ (2014)
- Pomiès et al. (2013) Science of the Total Environment
- TSM (2015)



université
BORDEAUX

