

Projet ARMISTIQ

Amélioration de la réduction des micropolluants dans les stations de traitement des eaux usées domestiques

Action A : traitements avancés intensifs

Action B : traitements avancés extensifs

Action C : boues activées

Action D : traitements boues

Action E : outils innovants



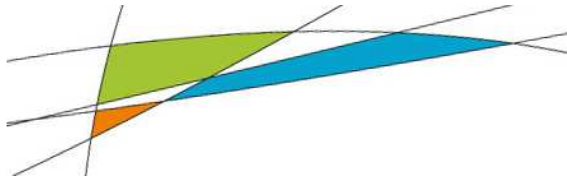
Projet ARMISTIQ - Action C

**Optimisation de la réduction
des micropolluants
partiellement biodégradables
- cas des boues activées -**

Maxime POMIES, J-Marc CHOUBERT, Marina COQUERY

Avec les partenaires : LPTC et CIRSEE, Suez Environnement





Thèse

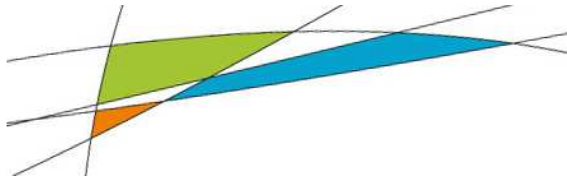
Comportement de micropolluants prioritaires et émergents au sein du procédé boues activées : modélisation dynamique et limites de traitement du procédé

Maxime POMIES

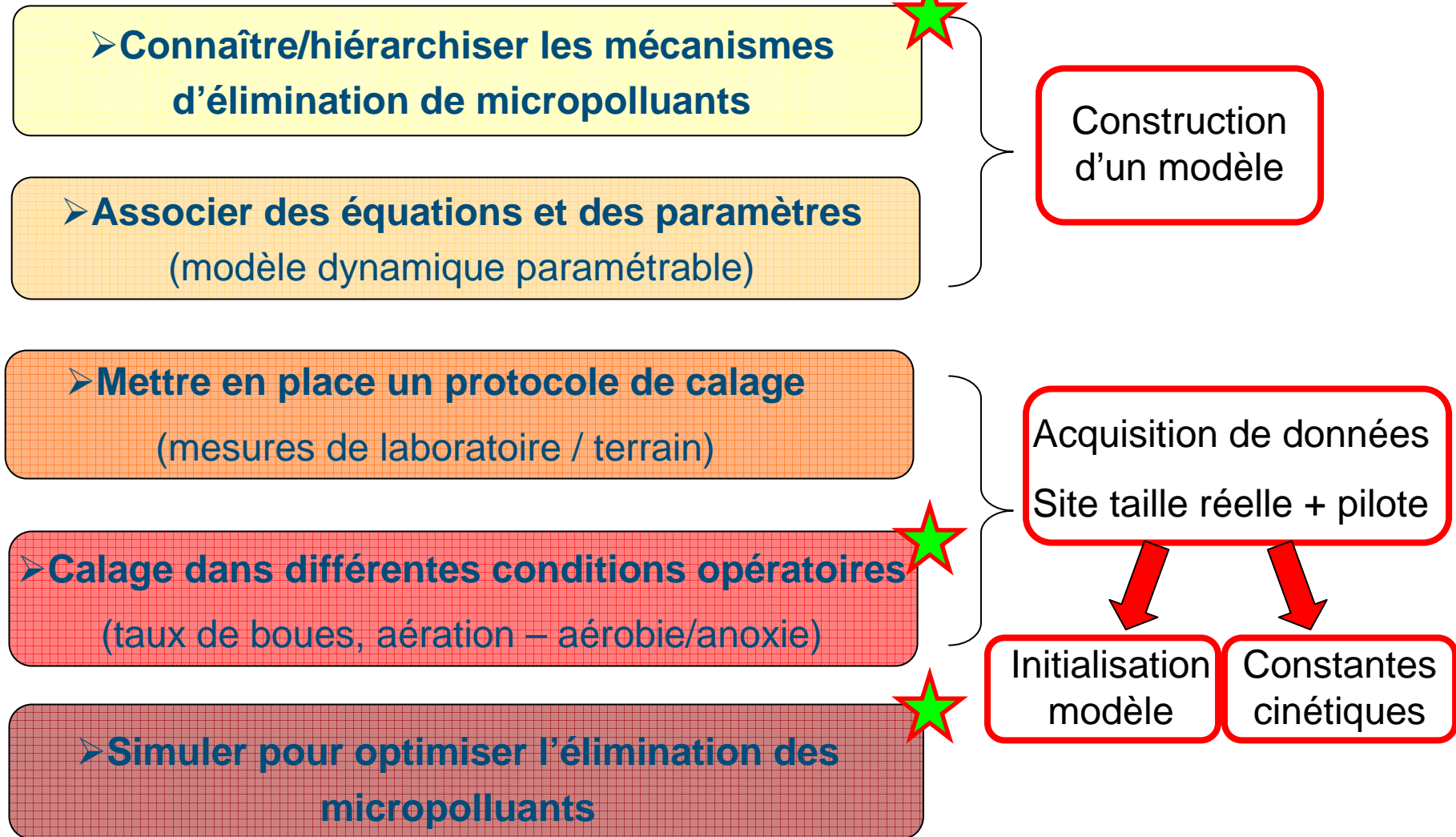
*Doctorant Université Montpellier I (fév.-10 → jan.-13)
UR MAEP –Cemagref - Lyon*

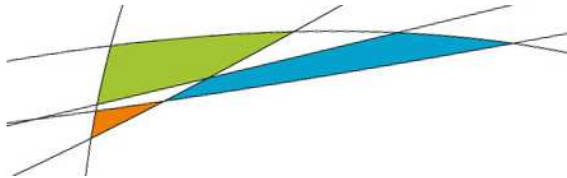
Christelle WISNIEWSKI (Directrice de thèse – Univ. Montpellier I)
Marina COQUERY (Codirectrice de thèse)

Jean Marc CHOUBERT (Encadrant Cemagref)
Cécile MIEGE (Encadrante Cemagref)



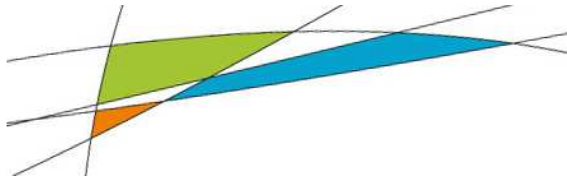
Démarche





Plan

- *Choix substances*
- *État de l'art de la modélisation des processus d'adsorption et de dégradation des micropolluants (Livrable ARMISTIQ C1)*
- *Élaboration de protocoles de mesures (suivi STEP + essais batch)*
- *Planning*
- *Tests modules du filtration*



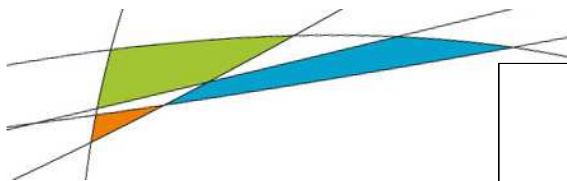
Choix substances

➤ Résultats AMPERES

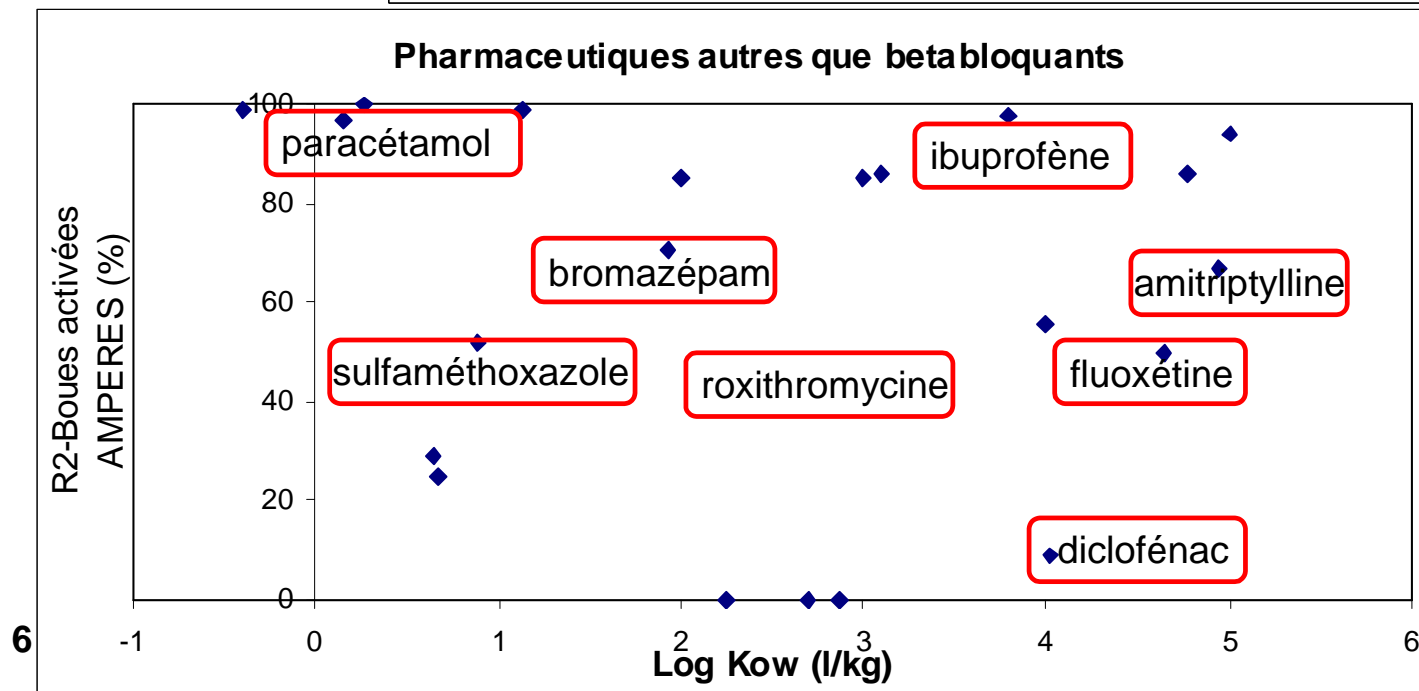
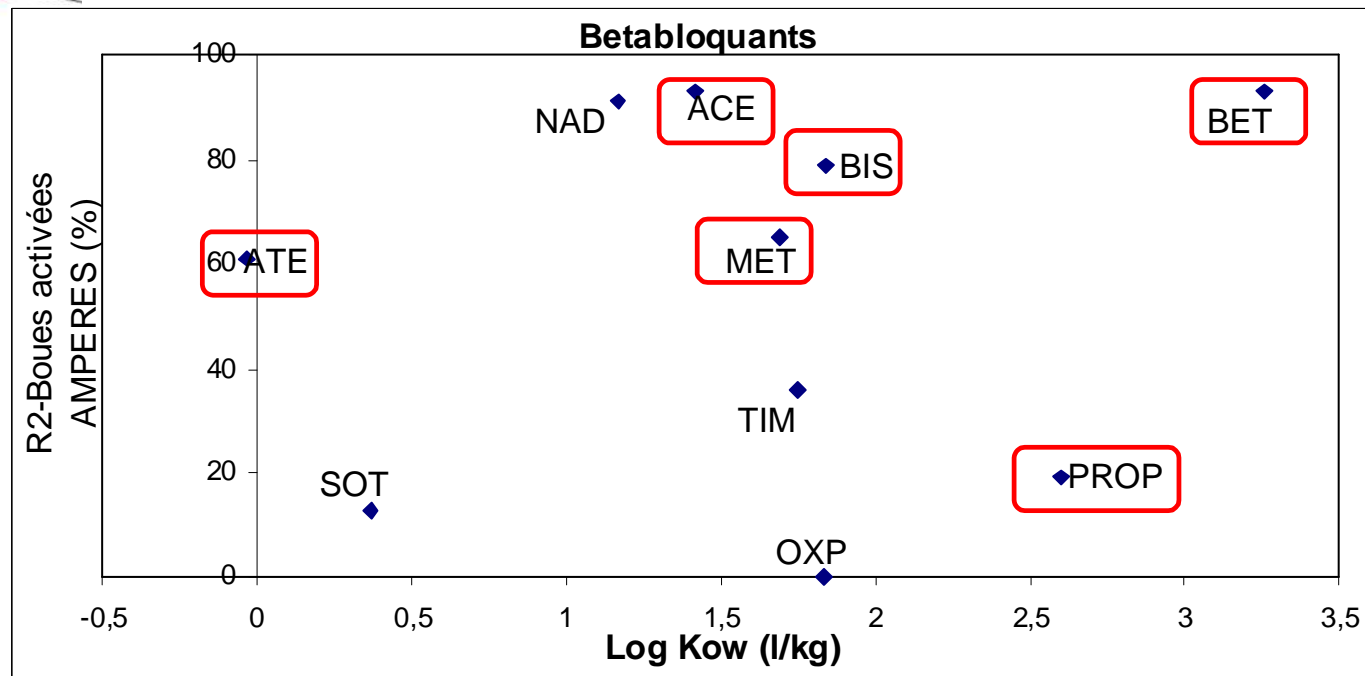
- *Valeurs de rendements intermédiaires (30-70%)*
- *Gamme rendements étendue*
- *Fréquence quantification élevée (entrée/sortie)*

➤ **Rendement optimisable (?)**

Pharmaceutiques	Aténolol, métoprolol, propranolol, acébutolol, bisoprolol, betaxolol Sulfaméthoxazole, roxithromycine Ibuprofène, paracétamol, diclofénac Fluoxétine, bromazépam, amitriptiline
Alkylphénols	4-t-NP, 4-t-OP, 4-NP1EO, 4-NP2EO, 4-NP1EC
Métaux	B, Ti, Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Se, Al, Fe
Pesticides	Diuron, isoproturon, atrazine, simazine
HAP	16 (liste EPA)
Autres	Bisphénol A
	+ <i>liste complémentaire antibio, produits contraste</i>



Choix substances





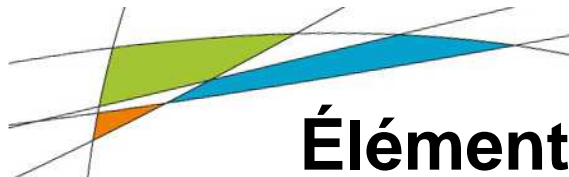
Substances choisies / substances déjà modélisées (cf. Livrable C1)

Pharmaceutiques	Aténolol, métoprolol, propranolol, acébutolol, bisoprolol, betaxolol Sulfaméthoxazole , roxithromycine Ibuprofène , paracétamol, diclofénac Fluoxétine, bromazépam, amitriptiline
Alkylphénols	4-t-NP, 4-t-OP, 4-NP1EO, 4-NP2EO, 4-NP1EC
Métaux	B, Ti, Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb , Se, Al , Fe
Pesticides	Diuron, isoproturon, atrazine, simazine
HAP	16 (liste EPA) 5/16
Autres	Bisphénol A
	+ <i>liste complémentaire antibio, produits contraste</i>

✓ **Autres substances modélisées:**

DDT, dieldrine, carbamazépine, kétoprofène, 17 β -estradiol

- ✓ Consolidation ou remise en question de données déjà existantes
- ✓ Données de modélisation nouvelles



Éléments bibliographiques (cf. Livrable C1)

(18 modèles)

Substances

(70 substances)

- COV (5 modèles)
- Métaux (4 modèles)
- Tensioactifs (4 modèles)
- Pharma, hormones, HAP : 1-2 modèles / famille
- AKP : aucun modèle

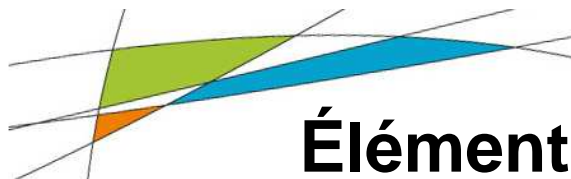
Démarche de modélisation

- **Calage** : données produites (11 modèles), litt. (7 modèles)
- **Validation** (8 modèles)
- Créneau d'application (conditions souvent citées: MES, SRT)

Processus

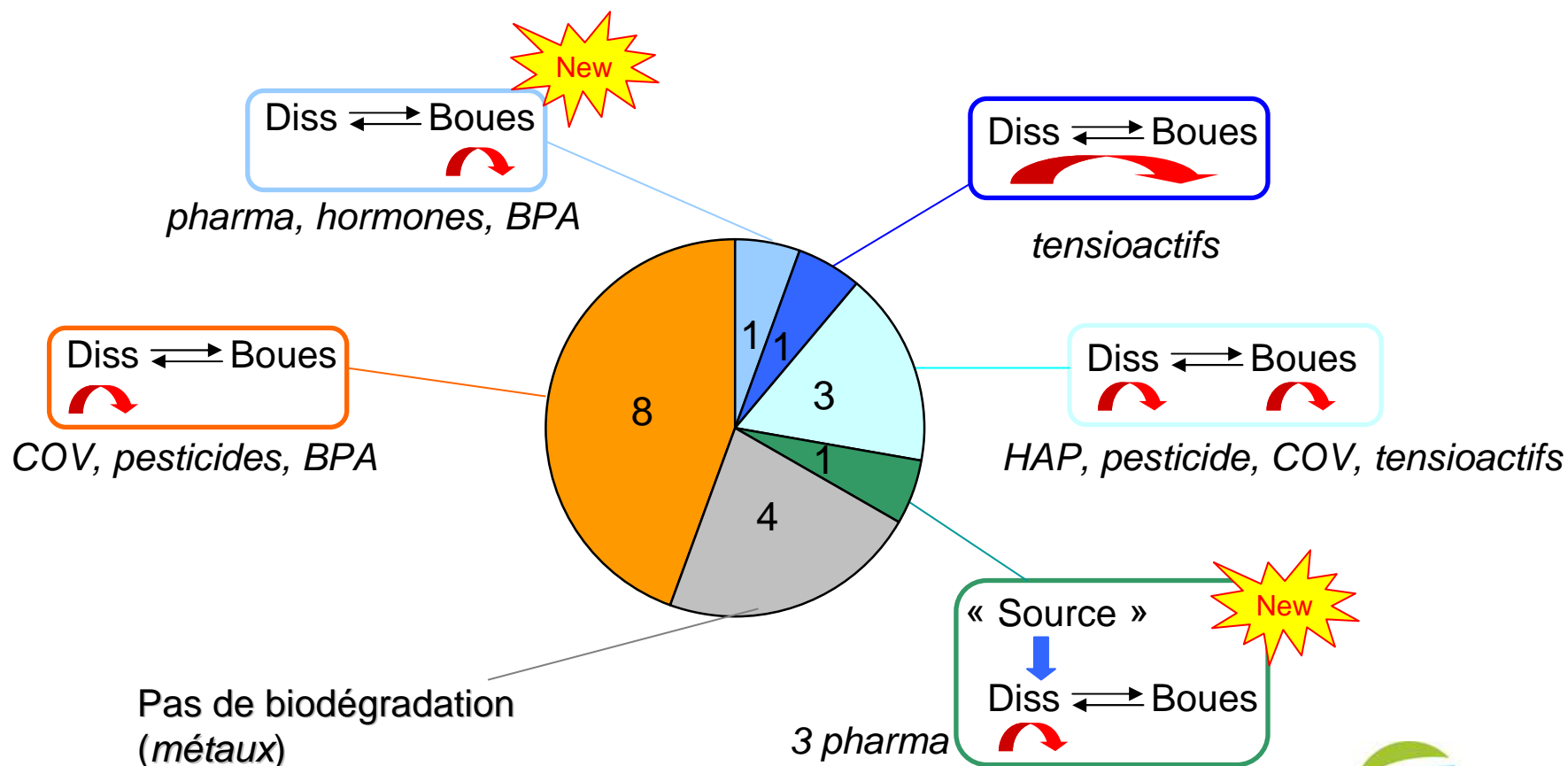
- Volatilisation (7 modèles)
- **Sorption** (2 concepts) :
 - ✓ cinétique de sorption ou équilibre immédiat (K_d)
- **Biodégradation**
 - ✓ directe (substrat de croissance = micropolluant)
 - ✓ cométabolisme (substrat de croissance = DCO, NH_4)
- Concept de composé parent (formes conjuguées, composés métabolisés ou sorbés sur MES)





Éléments bibliographiques (cf. Livrable C1)

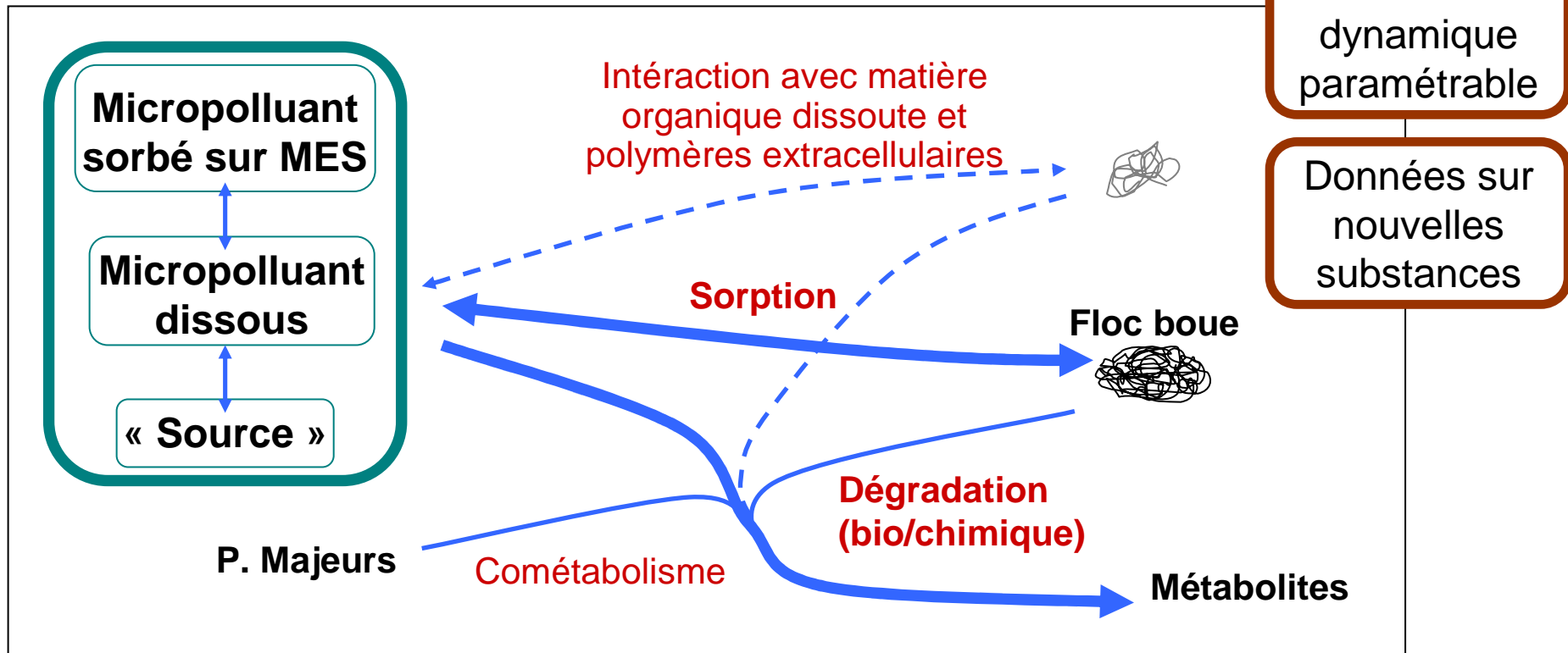
➤ Formalisme de la biodégradation ↻





Éléments bibliographiques (cf. Livrable C1)

Proposition d'un modèle



Propriétés
physicochimiques
substance (H , K_d)

Propriétés
physicochimiques
boue (*mat. orga.*)

Conditions
opératoires (*âge de
boues, aération, T ,
 pH , redox*)

Paramètres
cinétiques
biologiques
(μ_{max} , K_s , Y , b)

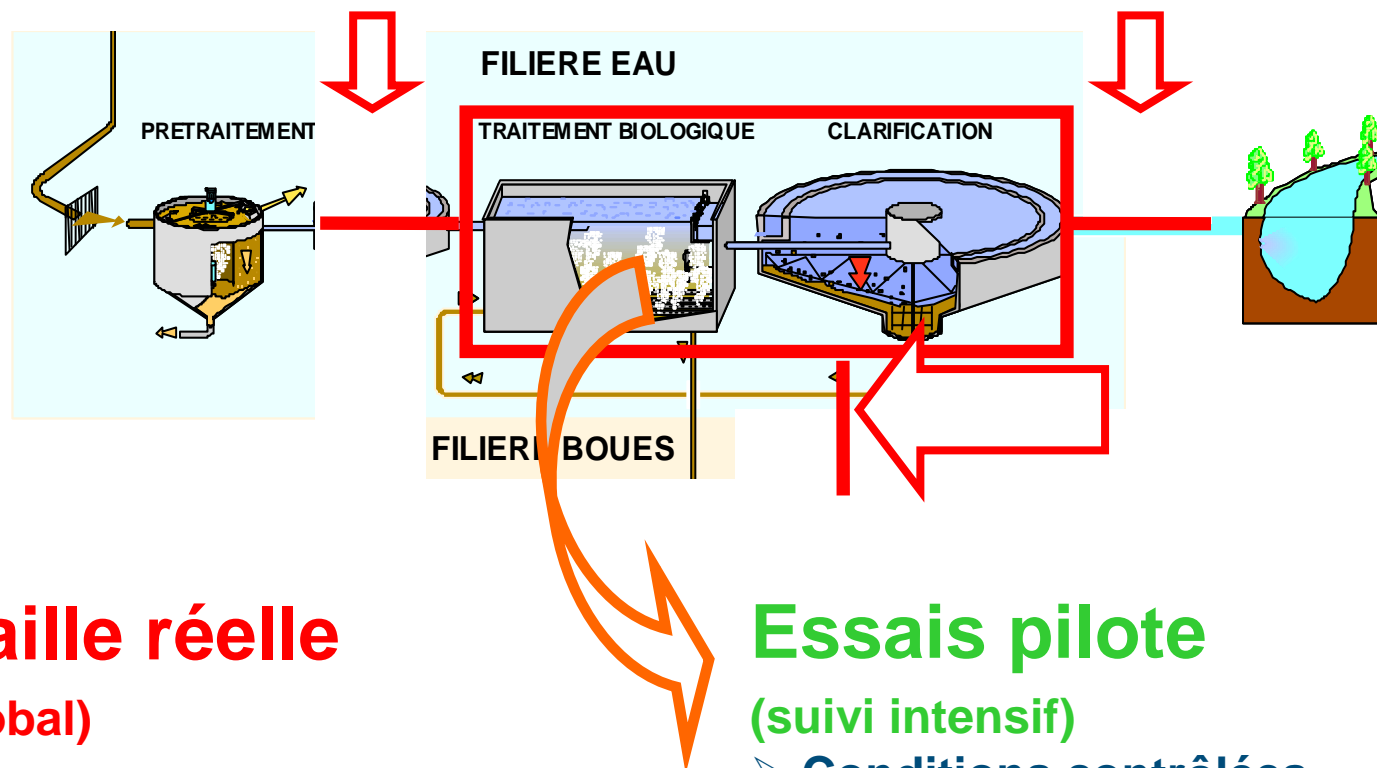


Démarche expérimentale

Élaboration de protocoles de mesures (suivi STEP + essais pilote)

Objectif

- Estimer les paramètres du modèle construit (calage)



Site taille réelle

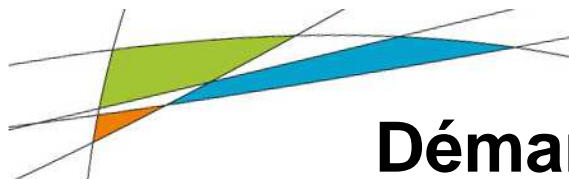
(suivi global)

- Conditions réelles
- initialisation modèle
- tous les 3 mois

Essais pilote

(suivi intensif)

- Conditions contrôlées
- Valeurs des paramètres du modèle
- Tous les 3 mois



Démarche expérimentale (suivi STEP)

Campagnes « suivi global »

➤ Protocole ACA1- Sx (x=1..4)

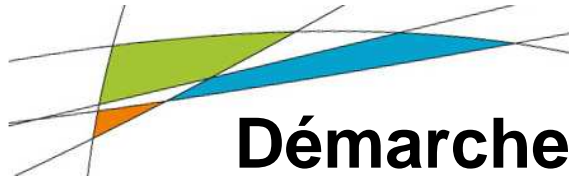
- ✓ Eau usée entrée (1 éch.moy. 24h dissous et part.)
- ✓ Eau traitée sortie (1 éch.moy. 24h dissous)
- ✓ Boues (1 ech.)

OBJECTIFS

- ✓ Rendement R_2 et R_4 pour différentes conditions de fonctionnement
- ✓ Initialisation du modèle

Campagne	Date	T (°C)	Taux MES (g/l)	Durée présence O2 (h/j)	
ACA1-S1	févr-11	hiver	Taux 1	Durée 1	
ACA1-P1	mars-11				
ACA1-S2	mai-11	été		Taux 2	Durée 2
ACA1-P2	juin-11				
ACA1-S3	oct-11	hiver	Durée 1		
ACA1-P3	nov-11				
ACA1-S4	janv-12				
ACA1-P4	févr-12				

Réunion ARMISTIQ – 31 janvier 2011 - Paris



Démarche expérimentale (essais pilote+STEP)

Campagne de « suivi intensif »

➤ Protocole ACA1- Py ($y=1..4$)

OBJECTIFS

✓ Détermination des variables d'entrée du modèle dynamique pour le calage

- ✓ Eau usée entrée (4 éch.moy. 6h dissous et part.)
- ✓ Eau traitée sortie (4 éch.moy. 6h dissous)

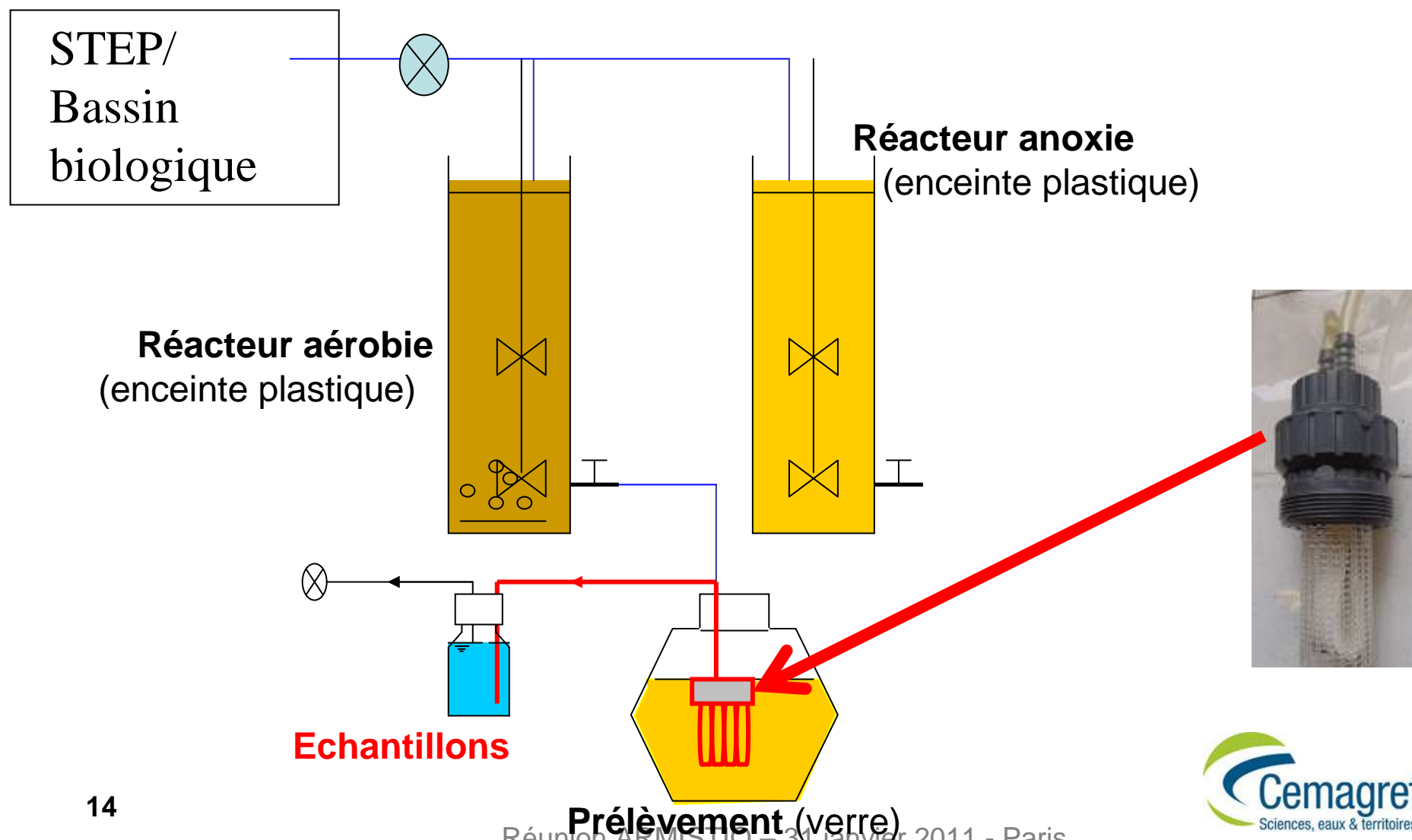
✓ Détermination des constantes d'adsorption et de dégradation du modèle (**réacteurs fermés**)

- ✓ 12 éch. dissous et 6 éch.boues collectés au sein de réacteurs de 200L contenant des boues liquides, dopées

- Condition aérobie / conditions anoxique (2 réacteurs en parallèle)
- Conditions non limitantes en micropolluants (**Dopage**)
- En présence ou absence de substrat carbonée/azotée



Pilote réacteurs fermés / Module filtration





Démarche expérimentale (essais pilote)

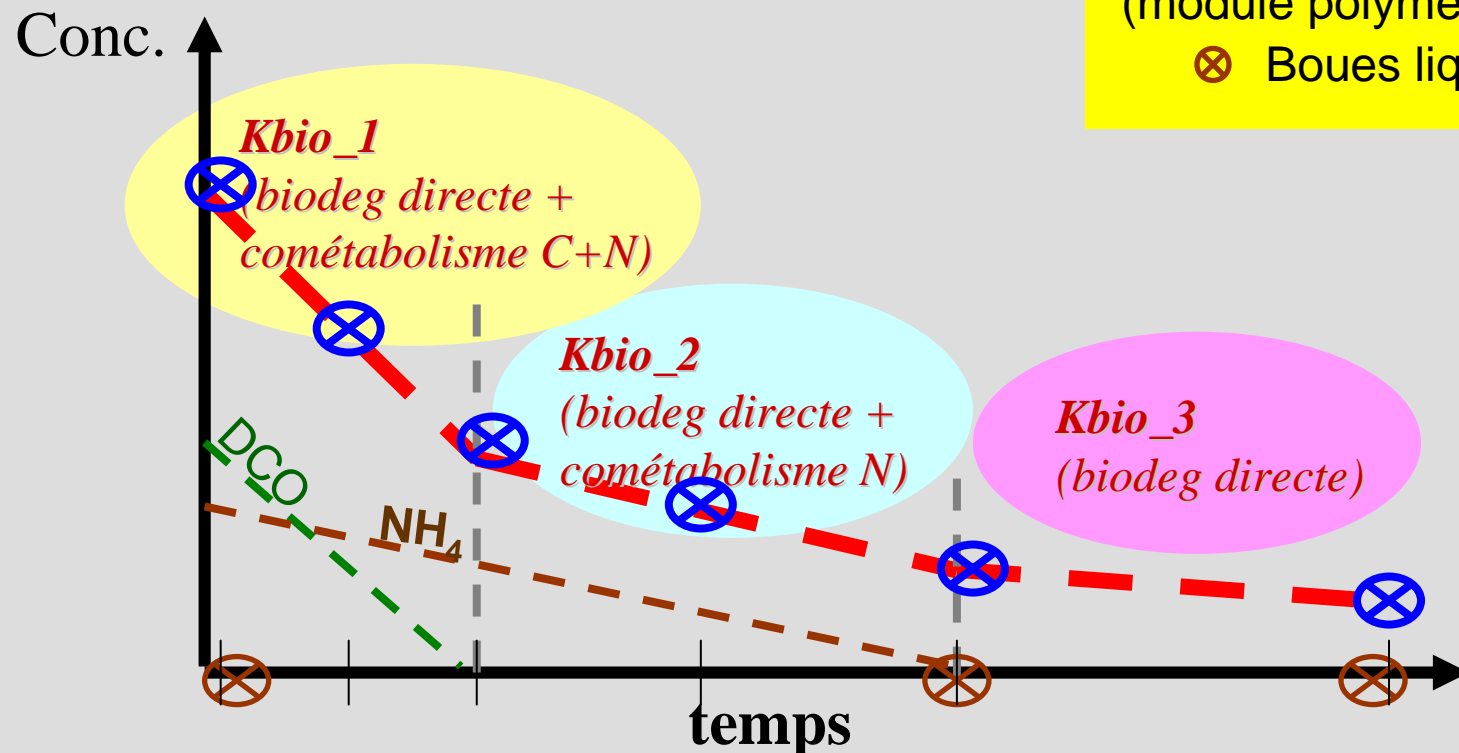
Campagne de « suivi intensif »

➤ Déroulement type d'un essai pilote

- Remplissage pilote (200L) avec boues bassin biologique STEP
- T_0 : + dopage micropolluants (+10 $\mu\text{g/L}$)
- Suivi micropolluants = $f(t)$, analyse dissous
- analyse boues \rightarrow bilan matière

2 types d'échantillons

- ⊗ Echantillons déjà filtrés (module polymem sur STEP)
- ⊗ Boues liquides



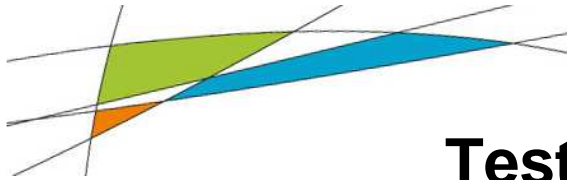


Prévisions réception échantillons laboratoires

ACA1- Sx (y=1..4)	Mercredi
Eau brute à filtrer <i>Analyses diss et part</i>	1
Eau traitée à filtrer <i>Analyses dissous</i>	1
Boue liquide à filtrer	1
Eau pilote déjà filtrée <i>Analyses dissous</i>	

ACA1- Py (y=1..4)	Mardi	Mercr	Jeudi
Eau brute à filtrer <i>Analyses diss et part</i>	1	3	
Eau traitée à filtrer <i>Analyses dissous</i>	1	3	
Boue liquide à filtrer	2	2	2
Eau pilote déjà filtrée <i>Analyses dissous</i>	5	6	6

Fév	S5	ACA1-S1	Sept	S36
	S7			S37
	S8			S38
Mars	S9	ACA1-P1	Oct	S39
	S10			S40
	S11			S41
Avril	S13	ACA1-S3	Nov	S43
	S14			S44
	S15			S45
Mai	S16	ACA1-P3	Déc	S46
	S17			S48
	S18			S49
Juin	S19	ACA1-S2	Janv	S50
	S21			S52
	S22			S1
Juin	S23	ACA1-S4	Fév	S3
	S24			S4
	S25			ACA1-P4
				S6
				S7



Tests préliminaires module filtration

Type : membrane fibres creuses, polysulfone 0.1 μm
(Polymem)

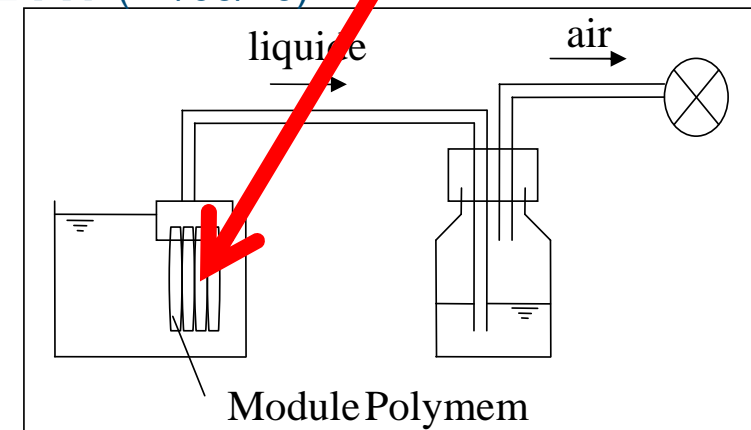


➤ Influence Relargage/adsorption ACA1-BA1 (14/09/10)

Eau évian avant/après filtration avec module

Eau traitée avant/après filtration avec module

- ✓ OK: bêtabloquants, métaux, COD
- ✓ autres substances: analyses en cours

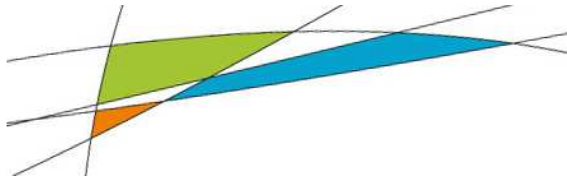


➤ Influence Porosité 0.1 μm /0.7 μm ACA1-BA2 (24/11/10)

boues activées filtrée avec module (0.1 μm)

boues activées filtrée sous vide (0.7 μm)

- ✓ analyses en cours



Questions

- **Volumes minimum d'échantillon pour analyse dissous seul ?**
 - LPTC (HAP, pharma, AKP) = 2L ?
 - Cemagref (BB, métaux) = 1L ?
 - Suez (pesticides, antibio) = 2L ?

- **Réalisation du dopage réacteur (réacteurs de 200L)**
 - Surplus concentrations +10 µg/L par substance par injection (→ soit 2 mg/substance)
 - Par campagne, 3 solutions dopantes (2 réacteurs 200L + 1 témoin)

- **Blancs :**
 - Chaîne prélèvement?
 - Réacteurs pilote ?
 - Module filtration ?