Colloque de restitution – 26 juin 2019

Innovations
& changements de pratiques
Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines

REMPAR
MICROPOLLUANTS

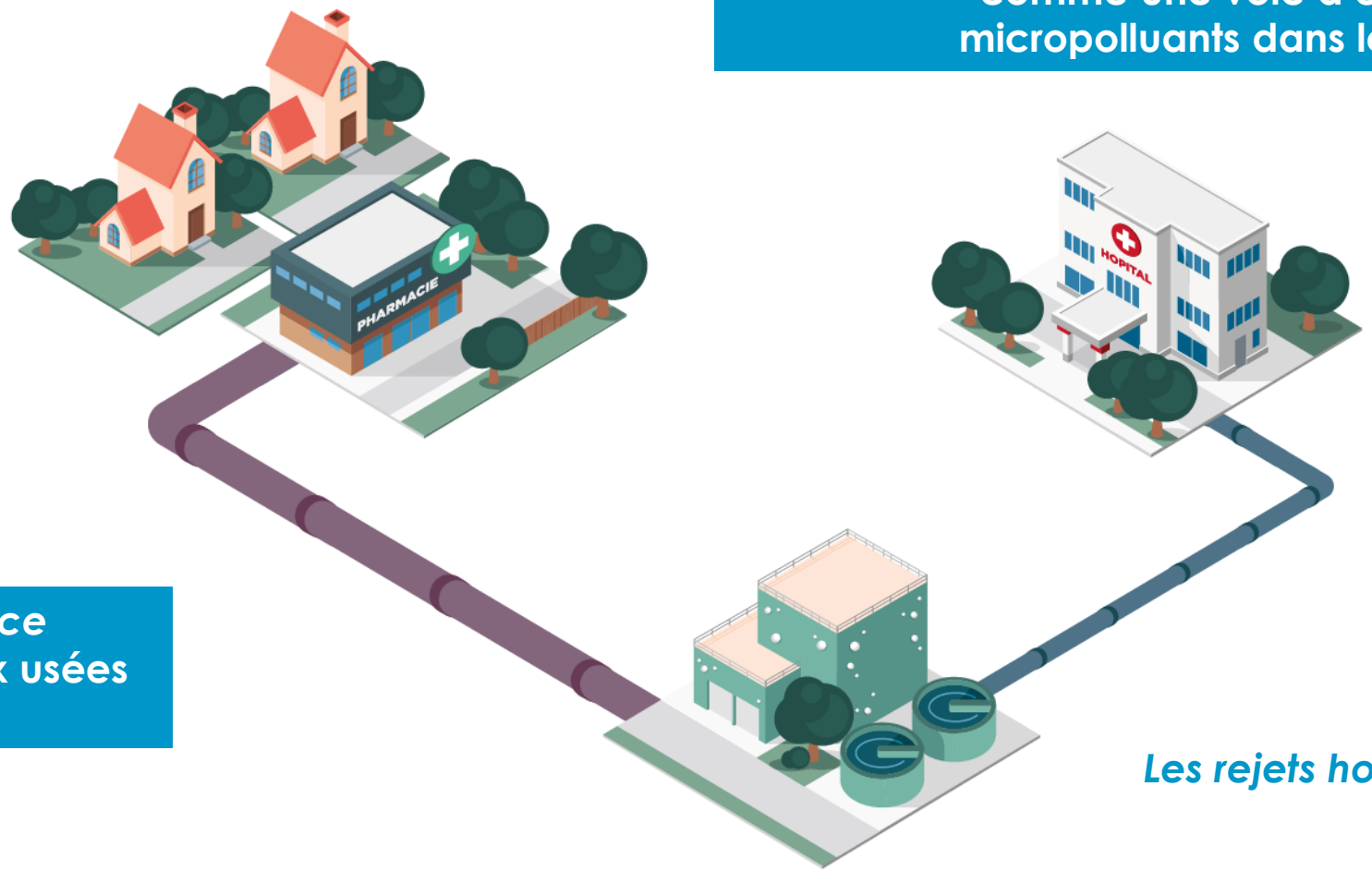
L'EAU en partage
BASSIN D'ARCACHON

Les eaux usées d'origine hospitalière

- *Profil*
- *Ecotoxicité et traitement*

Pourquoi s'intéresser aux rejets hospitaliers ?

Les rejets hospitaliers **: considérés ces dernières années comme une voie d'entrée non négligeable de micropolluants dans le réseau d'assainissement**



Rejets non traités sur place
Mélangés avec les eaux usées de l'agglomération

Les rejets hospitaliers sont-ils différents des rejets urbains ?

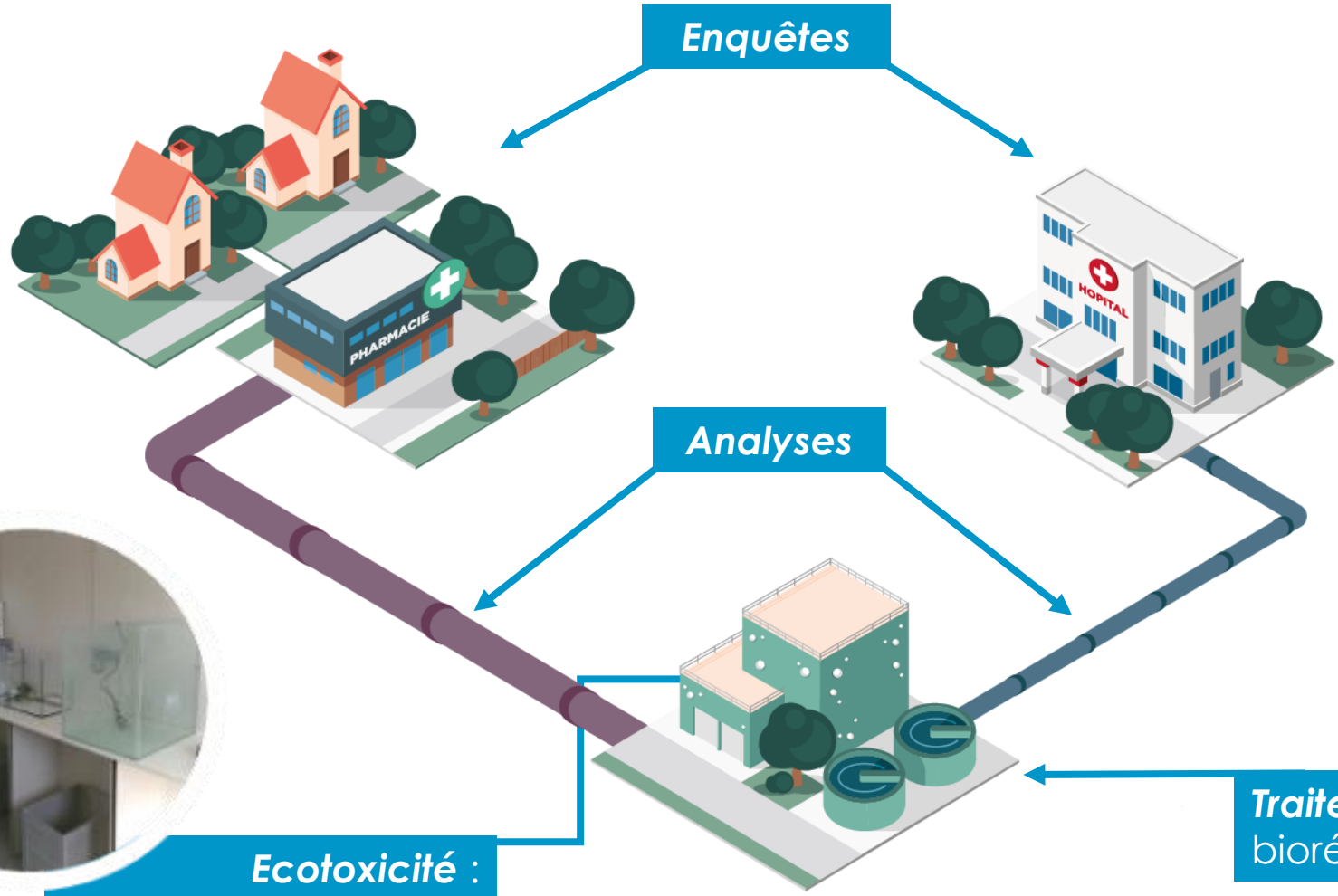
Doit-on les traiter séparément et spécifiquement ?

Le Pôle de Santé d'Arcachon - présentation

- **Regroupement de l'hôpital Jean Hameau et de la clinique d'Arcachon sur la Commune de La Teste de Buch**

- **Inauguré en 2013**
- **Pôle généraliste (gynécologie, chirurgie, oncologie, gériatrie imagerie médicale…)**
- **Environ 390 lits**

Des actions intégrées sur le Pôle de Santé d'Arcachon



Ecotoxicité : laboratoire de terrain

STEP de La Teste de Buch

Traitement : pilote de bioréacteur à membrane

Les rejets du Pôle de Santé d'Arcachon, écotoxicité et traitement par un bioréacteur à membrane pilote

Patrice Gonzalez

Hélène Budzinski, Claire Albasi, Delphine Lachassagne, Caroline Gardia-Parege, Magalie Baudrimont, Maximillien Delafoulhouse, Océane Hourtané, Maxime Durand, Evane Thorel

26 juin 2019

Contexte

→ Le Bassin d'Arcachon, un territoire à préserver

→ REMPAR, un réseau d'expertise sur les micropolluants

- Porté par les élus du Bassin
- Pour tracer les micropolluants
  - Dans les eaux naturelles, pluviales et usées
- Pour réduire l'empreinte
  - En proposant des traitement adéquats

Focus sur les rejets hospitaliers

→ Module traitement

→ Module impacts

Modules traitements et impacts

Porté par EPOC-EA, EPOC-LPTC, LGC

PÔLE DE SANTÉ D'ARCACHON
GROUPEMENT DE COOPÉRATION SANITAIRE

390 lits

Objectifs

Effluents
(médicaments
produits entretien, bionettoyage)

- Evaluer la toxicité des effluents hospitaliers
- Evaluer efficacité des traitements de ces effluents par le BaM

Biotests in vitro et in vivo

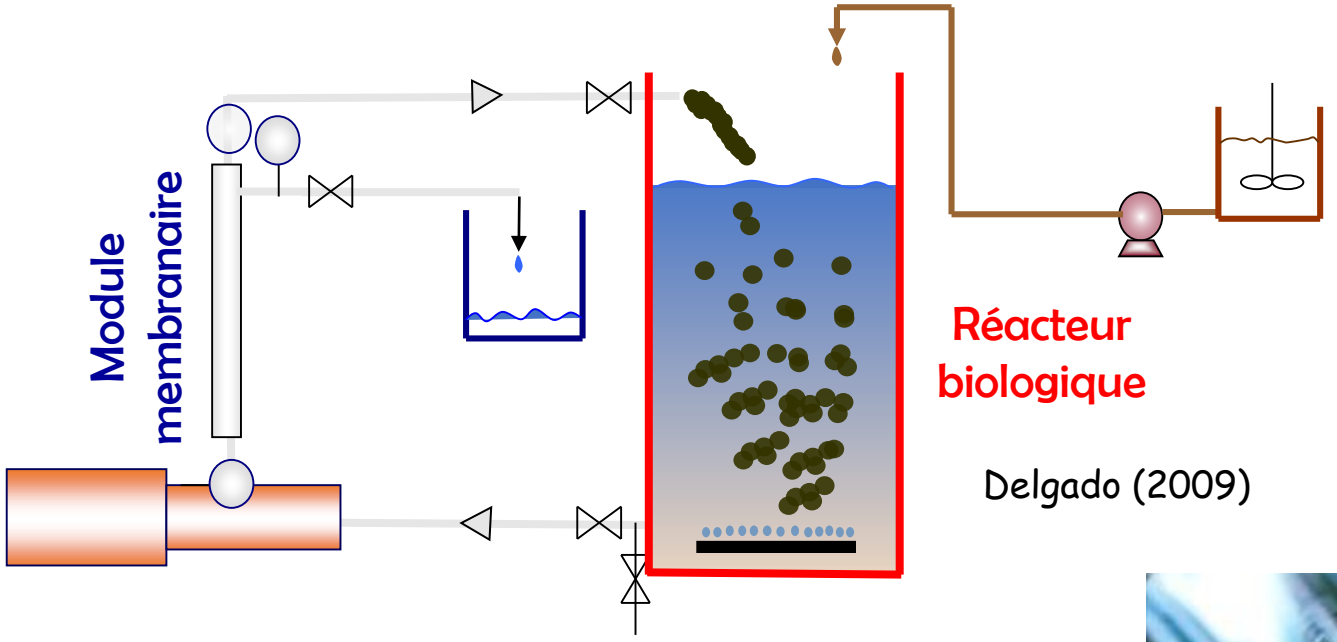
Le bioréacteur à membrane

Méthodologie

Oxydation biologique

+

Séparation physique



Delgado (2009)

Performances sur les micropolluants d'intérêt ?

Allongement des contacts biomasse /polluants

Acclimatation de population microbienne diversifiée

Méthodologie

Mise en place d'un laboratoire mobile

Avantages:

- Proximité directe effluents et sorties BaM
- Pas de modifications nature effluent via transport

Tester différentes dilutions représentatives des concentrations environnementales

Evaluer les impacts des composés présents avec ou sans traitements

Méthodologie

Bio-essais in vivo sur poissons/bivalves

D. rerio

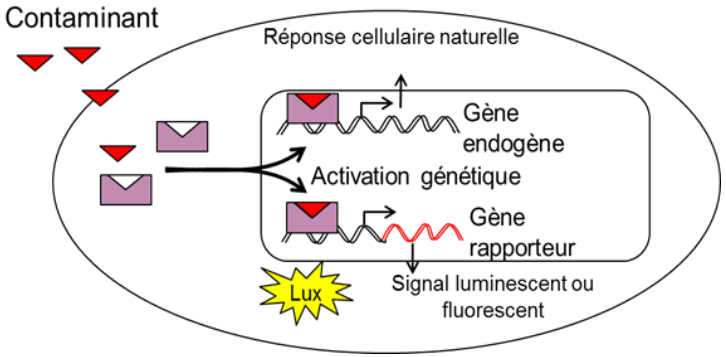
Modèle poisson

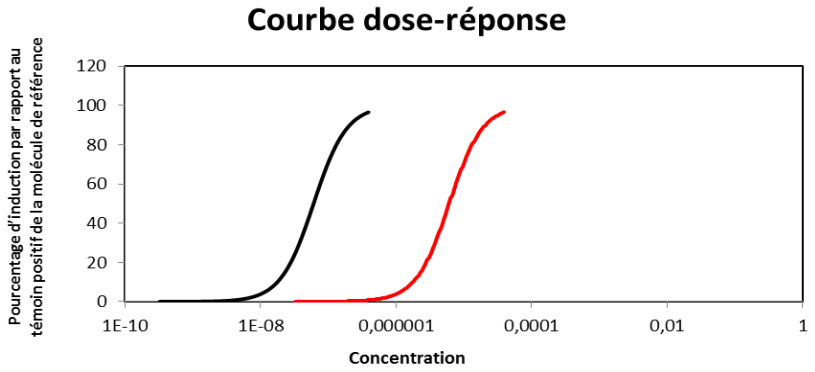
Crassostrea gigas

Corbicula fluminea

Filtreur
Intégrateur de choix suivi des contaminations

Bio-essais in vitro sur cultures cellulaires





Le bioréacteur à membrane

- **Campagnes de traitement**

Conditions	Campagne 0 (remise en route)	Campagne 1	Campagne 2	Ajout de la colonne de CAG (post-traitement file perméat)
Date campagne / Durée	du 16/06/15 au 05/08/15 – 50j	Du 06/10/15 au 16/12/15 – 70j	Du 13/01/16 au 02/08/16 – 202 jours	Du 11/07/16 au 02/08/16 – 23 jours
Nombre d'âges de boue (AB)	1 AB + 10j	3 AB + 1/2	5 AB	
Age de boue	40 j	20 j	40 j	
TSH	24h			
Q(recirculation)	235 L/h			
Q(production)	16L/h moy			après CAG : 9-10L/h
V bioréacteur	400 L			
Cycle nitrif/dénitif.	Oui			
Cycles d'aération	3h sans O_2 / 40min avec		1h30 sans O_2 / 20min avec	
Prétraitement effluent en entrée	Non	Oui	Oui	Oui
Echantillonnage pour micropolluants	Non	Oui	Oui	Oui

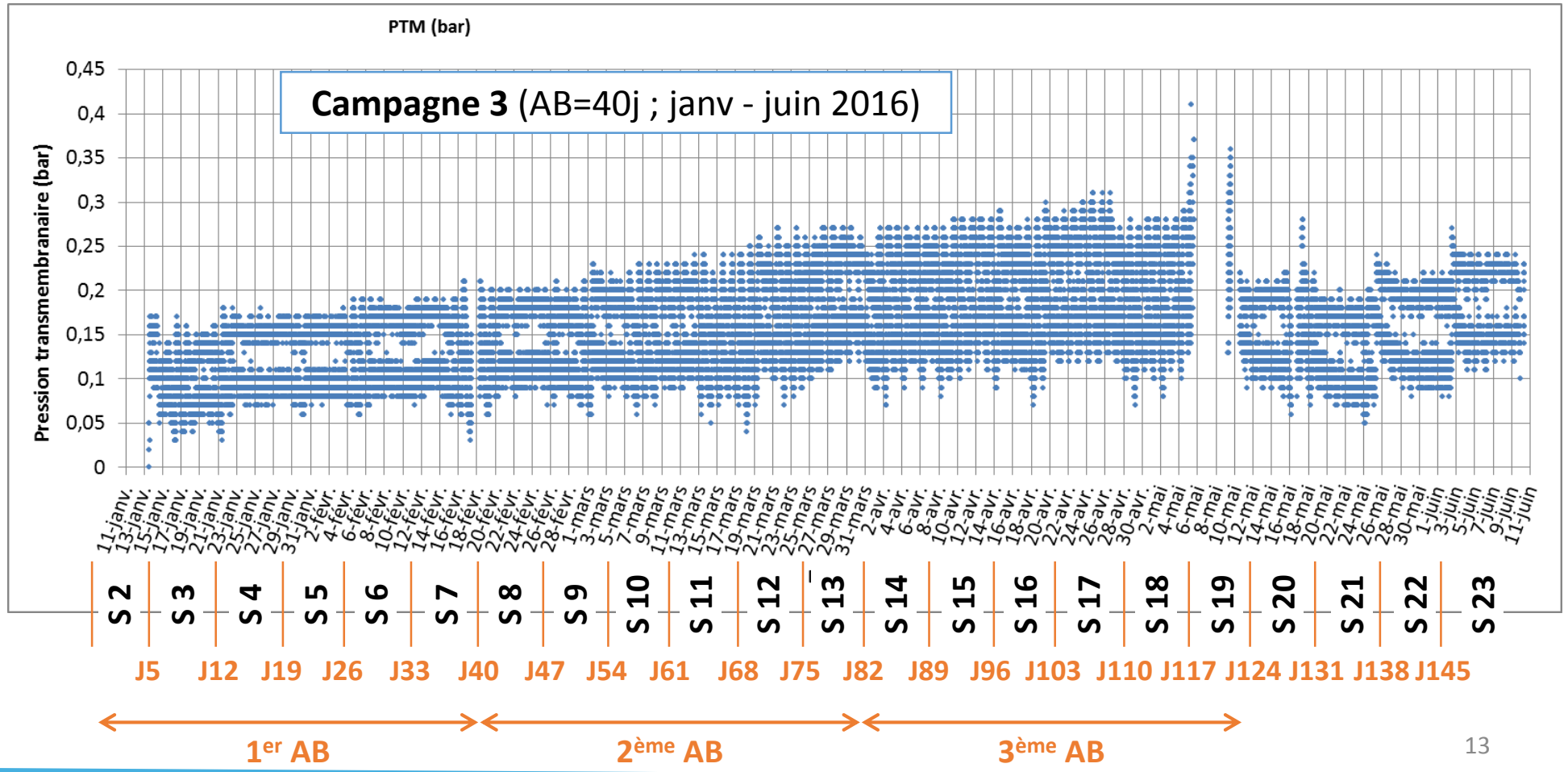
Le bioréacteur à membrane

- **Adaptation des conditions opératoires du procédé**
  - Temps de séjour hydraulique, âge de boue, purge, phases d'anoxie/aérobie…
  - Acquisition des débits (recirculation de la boue, filtration) et de la pression transmembranaire (PTM) en continu.
- **Suivi des paramètres épuratoires classiques**
  - Sur l'eau brute (effluent hospitalier) et l'eau traitée (perméat) : pH, conductivité, MES (seulement l'eau brute car perméat filtré à 0,2µm par les membranes du BàM), DCO, Nt, NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-,
  - Sur la boue : MES et rendement de production de boue
  - Echantillonnage pour les analyses physico-chimiques : EB et Perméat moyenné semaine + Boue prélevée ponctuellement en fin de chaque semaine d'échantillonnage
- **Suivi de l'élimination des micropolluants**
  - Sur les échantillons d'EB, de Perméat et sur la Boue : fractions particulaire et soluble
  - Analyses des résidus de médicaments

Le bioréacteur à membrane

- **Performances hydrauliques = excellentes!**

  - La PTM a augmenté de 0,05 bar en deux mois. Des lavages hebdomadaires à l'eau chaude ont suffit à limiter le colmatage jusqu'à un démontage et un lavage complet du module au jet d'eau, après 16 semaines de fonctionnement. Aucun lavage chimique n'a été réalisé.



Le bioréacteur à membrane

- **Performances hydrauliques = excellentes!**

  - La PTM a augmenté de 0,05 bar en deux mois. Des lavages hebdomadaires à l'eau chaude ont suffit à limiter le colmatage jusqu'à un démontage et un lavage complet du module au jet d'eau, après 16 semaines de fonctionnement. Aucun lavage chimique n'a été réalisé.

- **Performances épuratoires = conformes rejet**

	MES (g/L)		DCO (mgO_2/L)			Nt (mgN/L)		
	Eau brute	**Boue**	**Eau brute**	**Perméat**	**Perméat après CAG**	**Eau brute**	**Perméat**	**Perméat après CAG**
Concentration	0,07 - 0,16	3,5 - 6,7	250 – 544	32 – 50	7 – 11	27 – 65	3 – 13	1,7 – 2,3
Abattement	/		83-94%			74-95%		

- Fonctionnement en très faible charge.
- Bons abattements de la DCO et de l'azote.
- Abattement encore meilleur après la colonne de charbon → Reutilisation?

Le bioréacteur à membrane

- **Performances hydrauliques = excellentes!**

  - La PTM a augmenté de 0,05 bar en deux mois. Des lavages hebdomadaires à l'eau chaude ont suffit à limiter le colmatage jusqu'à un démontage et un lavage complet du module au jet d'eau, après 16 semaines de fonctionnement. Aucun lavage chimique n'a été réalisé.

- **Performances épuratoires = conformes rejet**

	MES (g/L)		DCO (mgO_2/L)			Nt (mgN/L)		
	Eau brute	Boue	Eau brute	Perméat	Perméat après CAG	Eau brute	Perméat	Perméat après CAG
Concentration	0,07 - 0,16	3,5 - 6,7	250 – 544	32 – 50	7 – 11	27 – 65	3 – 13	1,7 – 2,3
Abattement	/		83-94%			74-95%		

- **Devenir des micropolluants (résultats des prélèvements « campagne 2, mars à mai 2016)**

(ng/L)	Eau brute	Perméat
Carbamazépine	149 à 1014	172 à 1060
Oxazepam	528 à 1402	1181 à 3413
Triclosan	29 à 72	< LQ = 5 ng/L

- Carbamazépine : réfractaire au traitement
- Oxazepam : concentration supérieure en sortie du bioréacteur (métabolite du diazepam et nordiazepam)
- Triclosan : bien éliminé par le bioréacteur

Psychotrope

Anxiolytique

Le bioréacteur à membrane + charbon actif

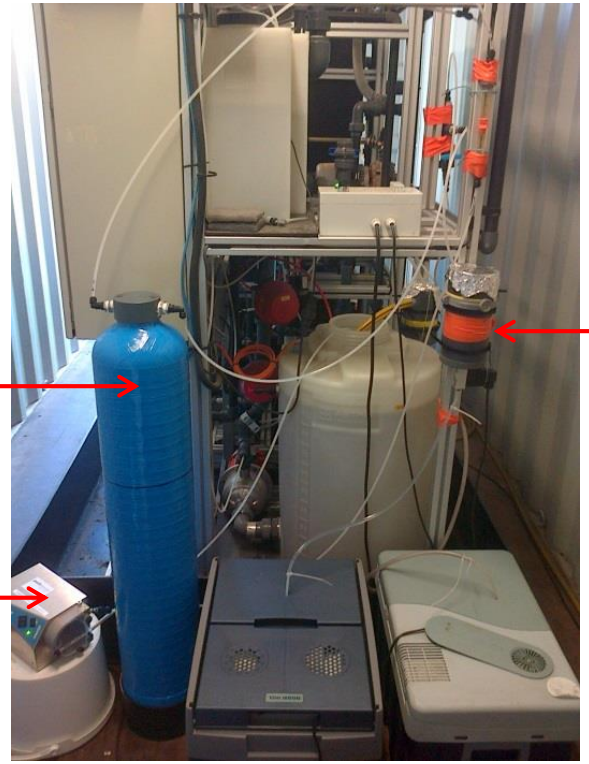
Campagne 2 + CAG

- **Couplage du traitement BàM avec adsorption sur charbon actif (file perméat)**

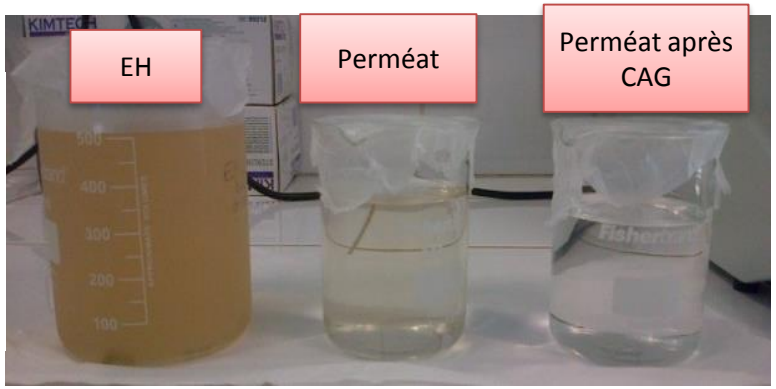
- Débit dans la colonne : 10L/h
- Temps de contact du perméat de l'ordre de l'heure.

Colonne de charbon (CAG, Chemviron F400)

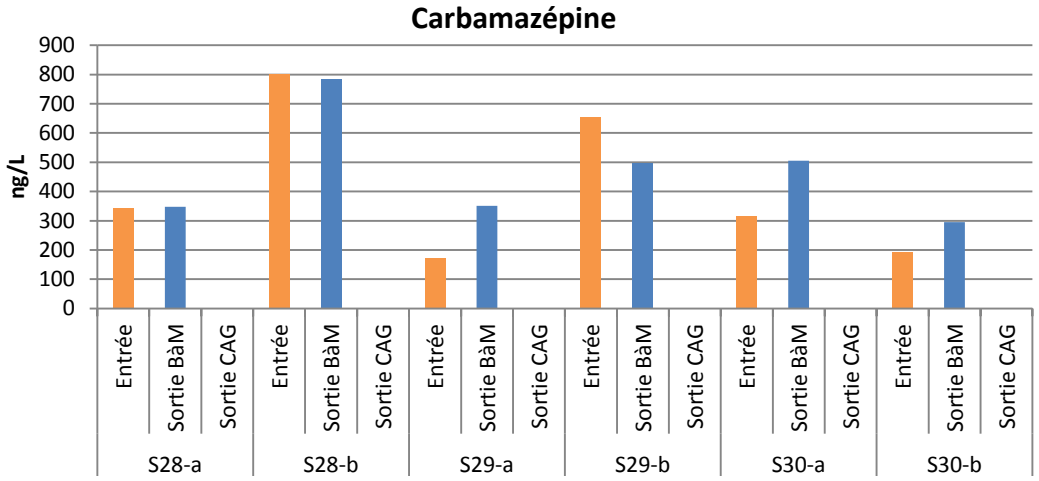
Pompe péristaltique (du perméat BàM vers colonne CAG)

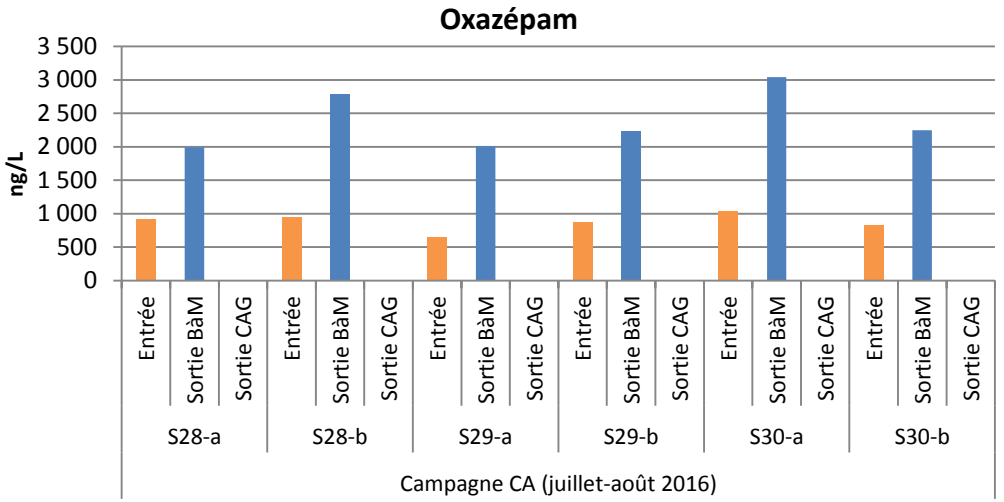


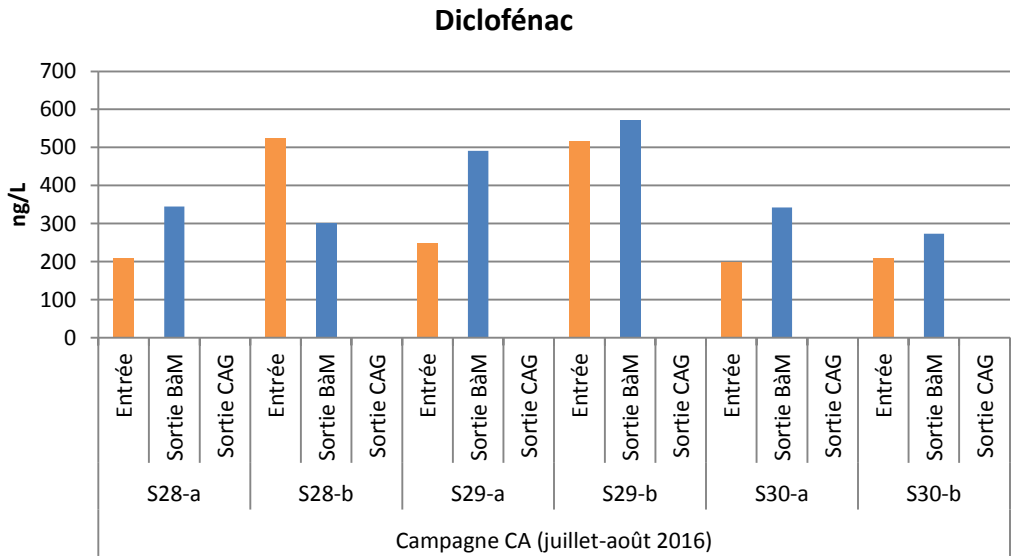
Dispositif d'échantillonnage du perméat vers glacière électrique



Le bioréacteur à membrane + charbon actif



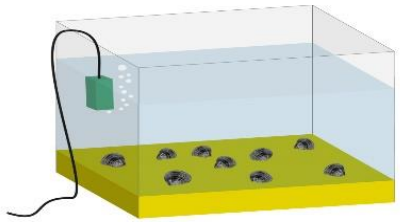


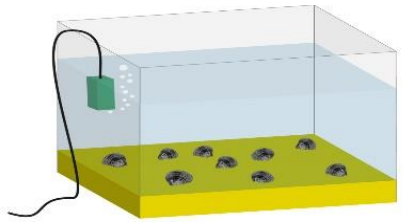


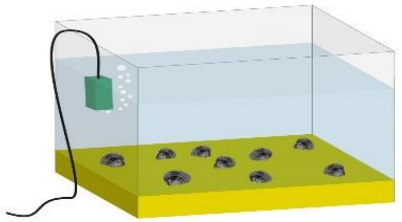
- Aucun composé détecté en sortie de colonne de charbon - **Abattement total**
- Avantage: pas de compétition avec d'autres composés (EPS retenus par la membrane).

Ecotoxicité des effluents avec et sans traitement par BàM

Expérimentations 2015 - 2016







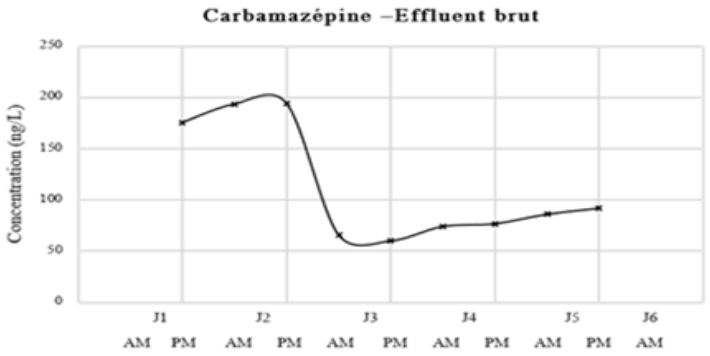
1	2	3
Témoin	Effluent 1/10	Perméat 1/10

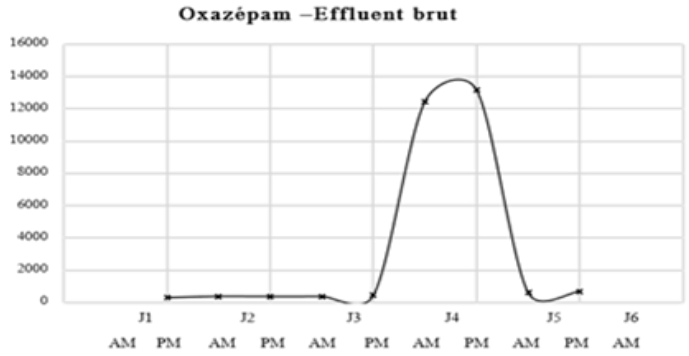
20L
Renouvellement ½
5-7 jours

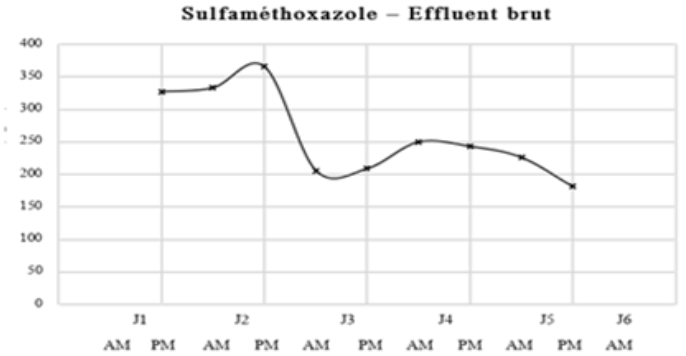
Paramètres:

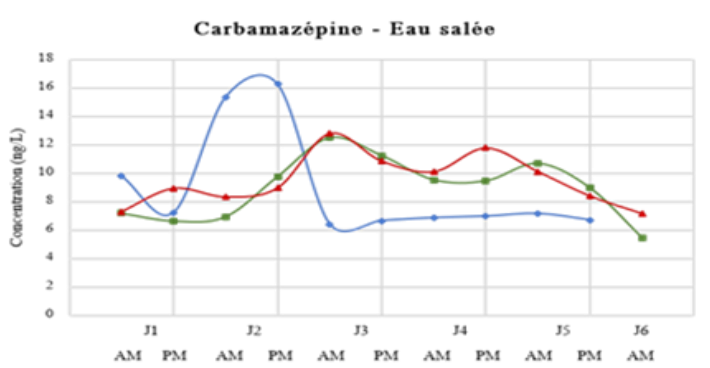
T°C
pH
Traceurs chimiques
Expression de gènes

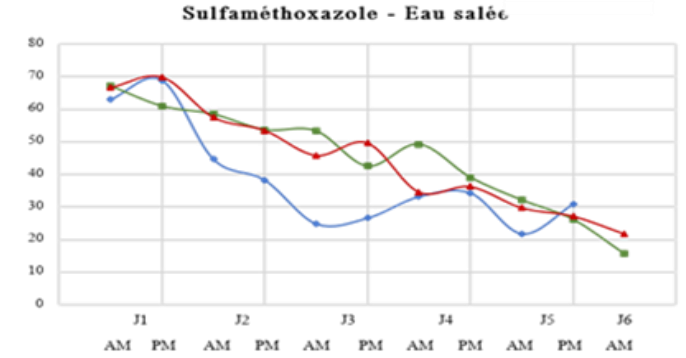
Ecotoxicité des effluents avec et sans traitement par BàM

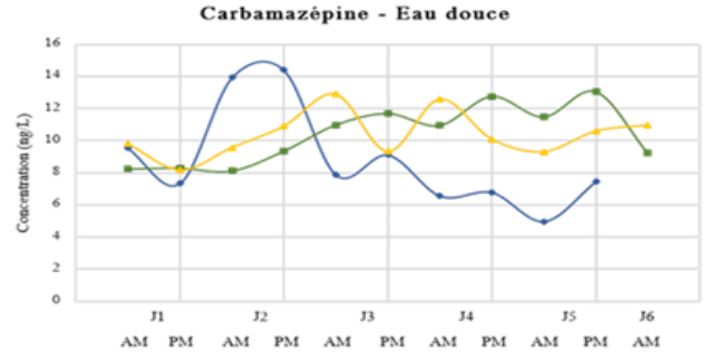


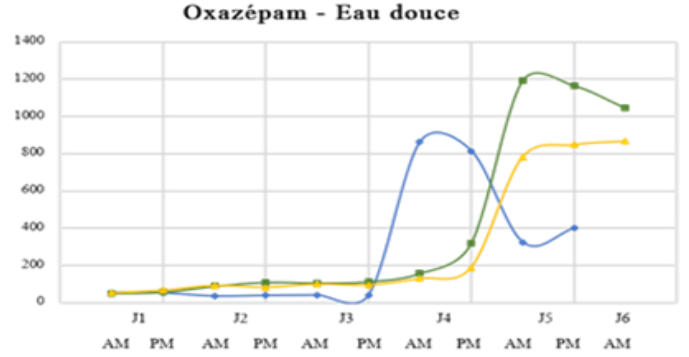


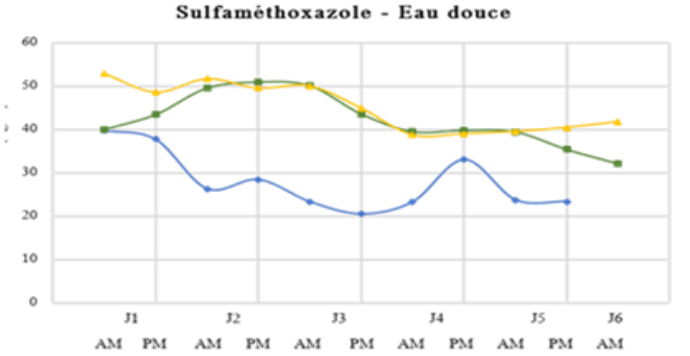




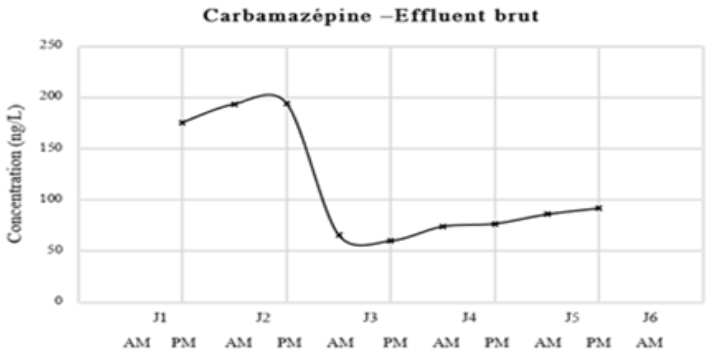


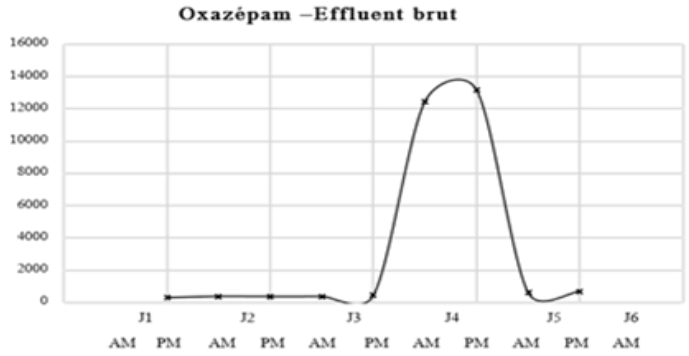


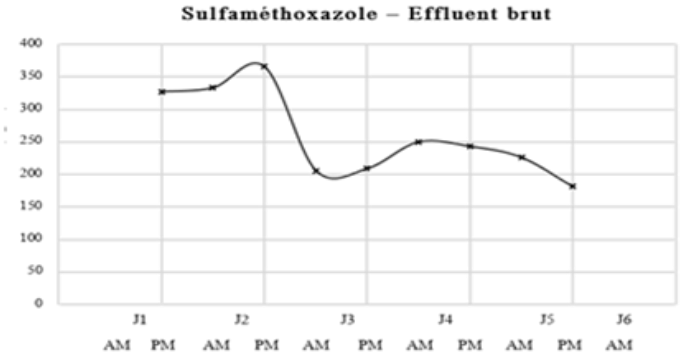


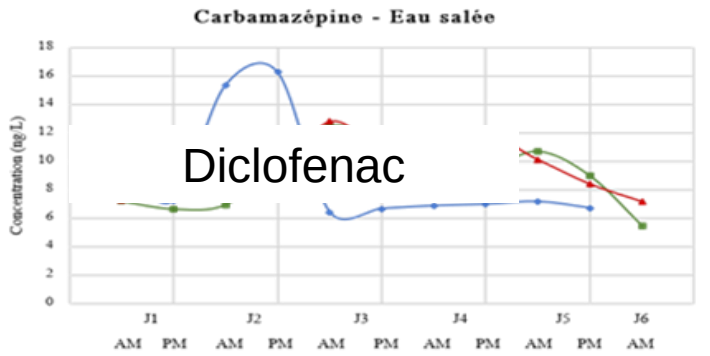


Ecotoxicité des effluents avec et sans traitement par BàM

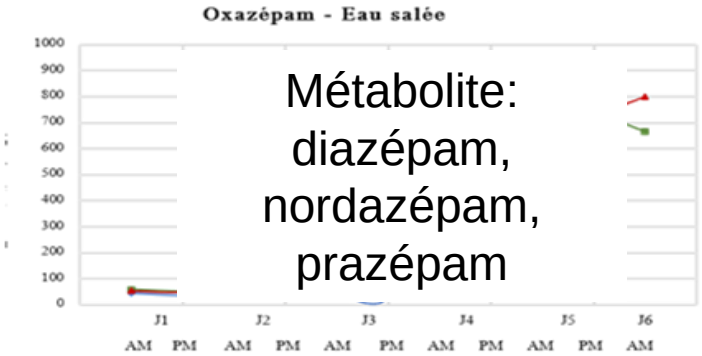




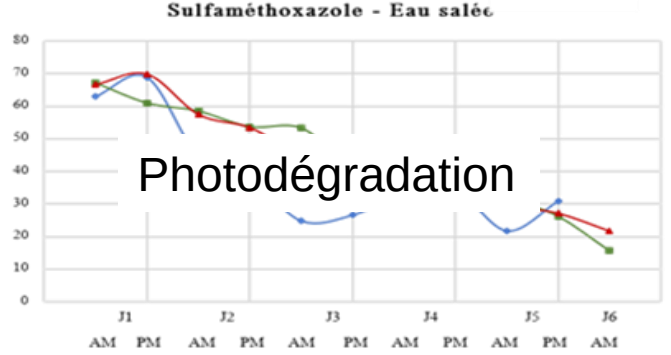




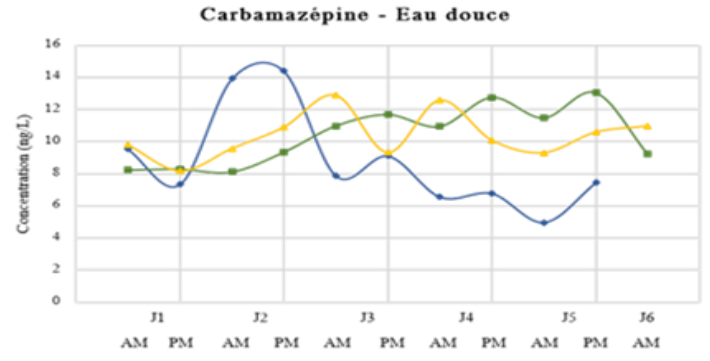
Diclofenac

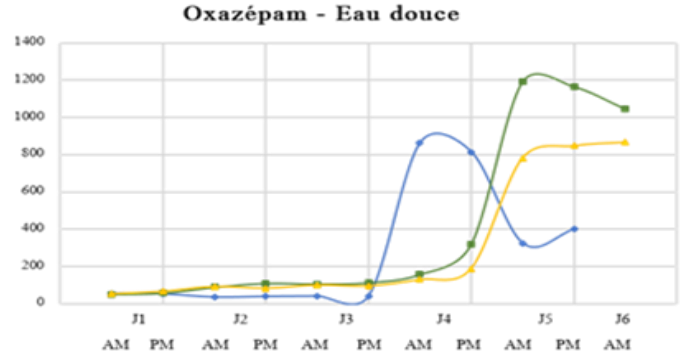


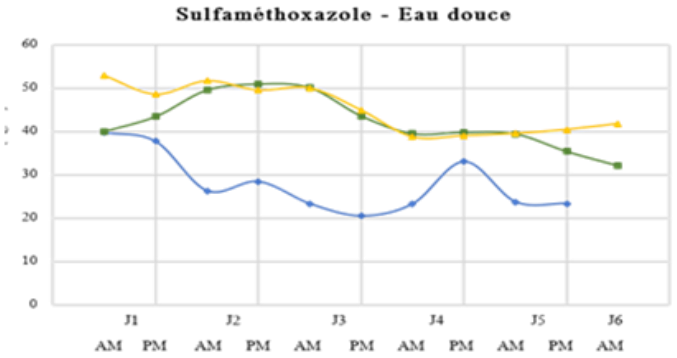
Métabolite: diazépam, nordazépam, prazépam



Photodégradation







T5

Résultats

Fonction métabolique	Gène	Effluent		Perméat	
		Branchie	Glande digestive	Branchie	Glande digestive
Réponse au stress oxydant	*sod*	0,19	/	/	/
	sodmt	**82**	/	**8**	0,13
	cat	**47**	/	/	/
Système de détoxication	*mxr*	**9**	/	/	/
	mt1	0,01	0,02	/	/
	mt2	0,12	0,03	0,24	0,08
Métabolisation	*cyp1a 1*	**26**	0,30	/	0,03
	gst	**142**	/	**5**	0,13
Métabolisme mithochondrial	*cox1*	**13**	/	/	0,17
	12S	**5**	/	/	0,18
Régulation cycle cellulaire et apoptose	*p53*	0,04	0,27	/	/
	bax	**53**	/	**4**	/

Perméat: diminution de la réponse observée dans les branchies

Certains composés encore présents

Glande digestive: peu de réponses

T7

Résultats

		Effluent		Perméat	
Fonctions	**Gènes**	**Branchies**	**Glande digestive**	**Branchies**	**Glande digestive**
Réponse stress oxydant	*sod Cu/zn*	/	/	/	/
	sodMn	5	/	/	/
	cat	5	0,29	/	/
Métabolisme mitochondrial	*coxI*	706	/	/	/
	12S	0,1	/	/	/
Détoxication	*mt*	0,31	0,31	/	/
Réparation de l'ADN	*gadd45*	830	/	/	/
Immunité	*c3*	38	/	/	/
Régulation cycle cellulaire et apoptose	*P53*	17	0,41	/	/
	bax	8	/	/	/

Perméat: diminution de la réponse observée dans les branchies

Glande digestive: peu de réponses

T5

Résultats

		Effluent		Perméat	
Fonctions	**Gènes**	**Branchies**	**Cerveau**	**Branchies**	**Cerveau**
Réponse stress oxydant	*sod Cu/zn*	8	/	16	/
	sodMn	33	35	/	14
	cat	/	/	/	0,1
Métabolisme mitochondrial	*coxI*	226	87	210	10
	12S	150	54	521	/
Détoxication	*mt*	192	11	/	2
	Laptm4	31	14	279	5
	tap	17	75	59	5
Régulation cycle cellulaire et apoptose	*P53*	/	3	/	/
	bax	10	167	93	3

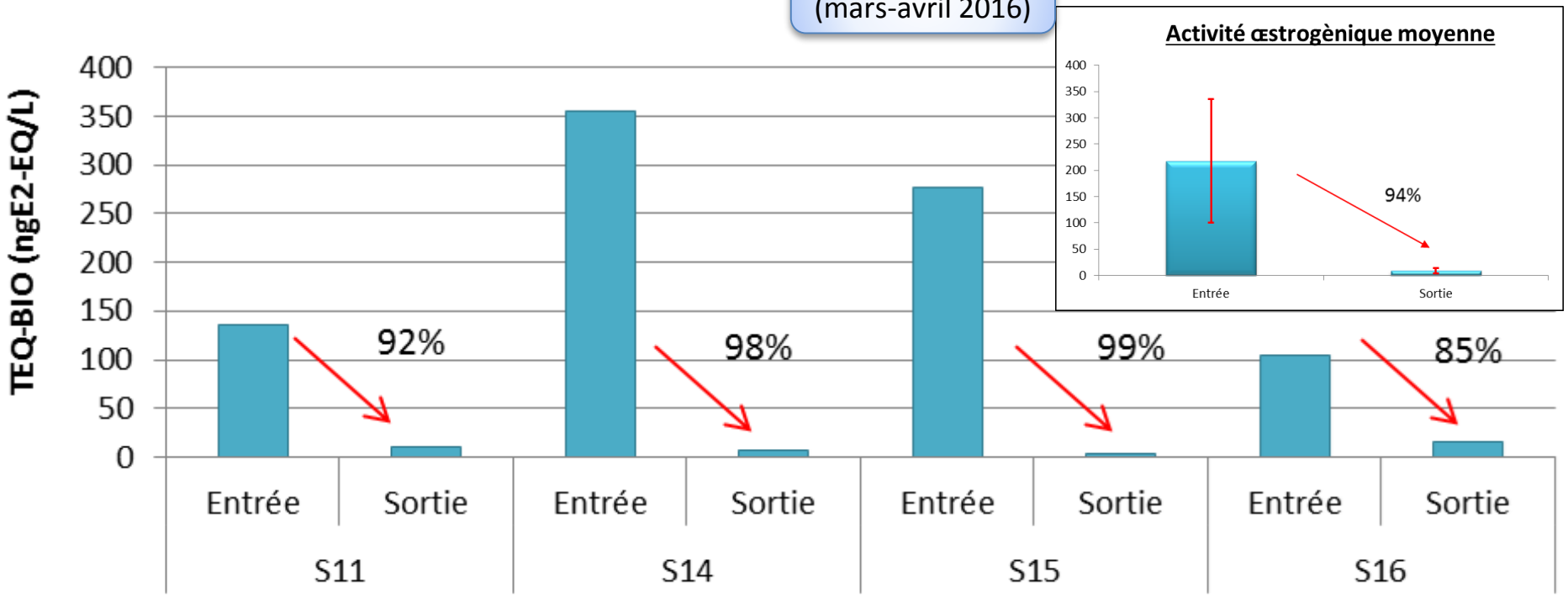
demande énergétique, détoxication, réponse au stress oxydatif

Perméat: diminution de la réponse observée; Psychotropes?

Ecotoxicité des effluents avec et sans traitement par BàM

Activité œstrogénique

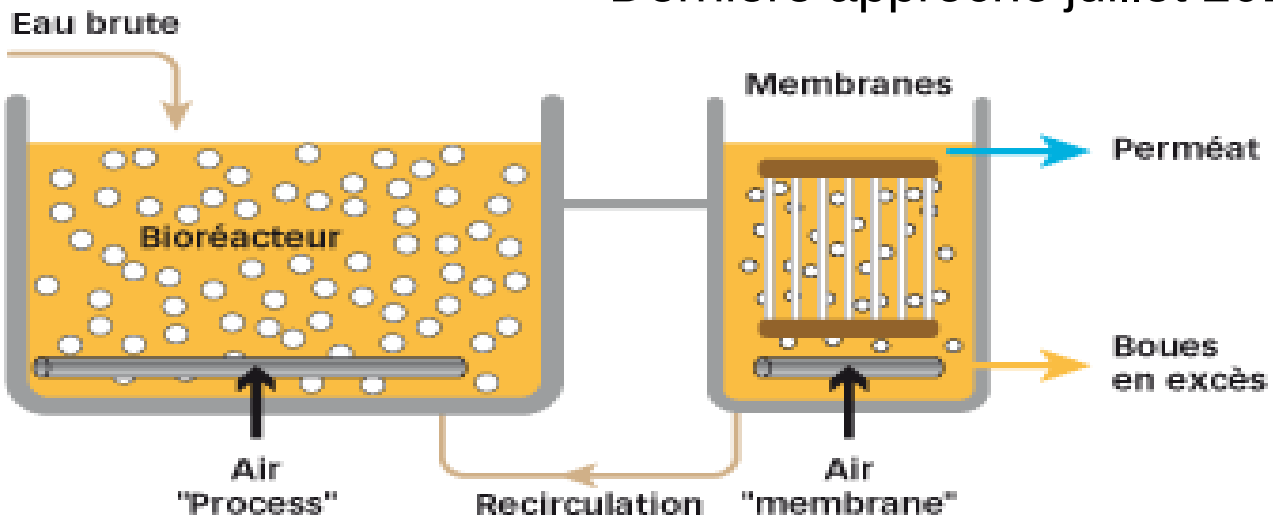
Campagne 2
(mars-avril 2016)



- Activité œstrogénique très variable en entrée comprise en 100 et 350 ngE2-EQ/L
- Abattement de 94% de cette activité en sortie du bioréacteur
- Activité œstrogènique faible et peu variable en sortie du bioréacteur comprise en 3 et 15 ngE2-EQ/L

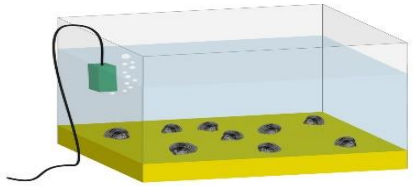
Ecotoxicité des effluents avec par BàM + Charbon actif

Dernière approche juillet 2016

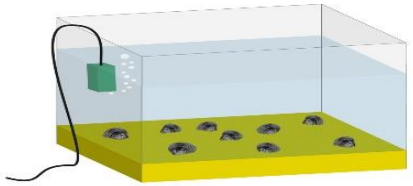


Perméat CA

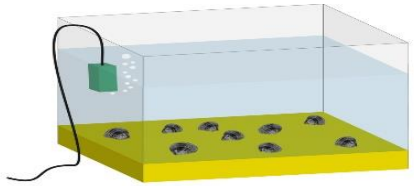
Charbon actif



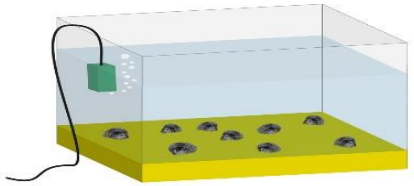
1
Témoin



2
Effluent 1/10



3
Perméat 1/10



4
Perméat CA 1/10

7 jours, 20°C
Suivi Physico-chimie
Génétique

Ecotoxicité des effluents avec par BàM + Charbon actif

		Branchies		
Fonctions	**Gènes**	**EH**	**Perméat**	**CA**
Réponse au stress oxydant	*sodCu*	/	/	/
	sodMn	/	/	/
	cat	**0,5**	/	/
Métabolisme mitochondrial	*coxI*	/	/	/
	12S	/	/	/
Régulation du cycle cellulaire et a	*bax*	/	/	/
	P53	/	/	/
Réparation de l'ADN	*gadd45*	**3,7**	/	/
Détoxication	*mt*	/	/	/
Immunité	*C3*	/	/	/

		Foie		
Fonctions	**Gènes**	**EH**	**Perméat**	**CA**
Réponse au stress oxydant	*sodCu*	/	/	/
	sodMn	/	/	/
	cat	/	**2**	/
Métabolisme mitochondrial	*coxI*	/	/	/
	12S	/	**18**	**5**
Régulation du cylce cellulaire et apoptose	*P53*	/	/	/
	bax	**2**	/	/
Détoxication	*mt2*	/	/	/
	laptm	**2**	/	**2**
	tap	/	**2**	/

Disparition totale des effets après passage sur charbon actif

Persistance d'effets modérés dans le foie, le cerveau et le muscle

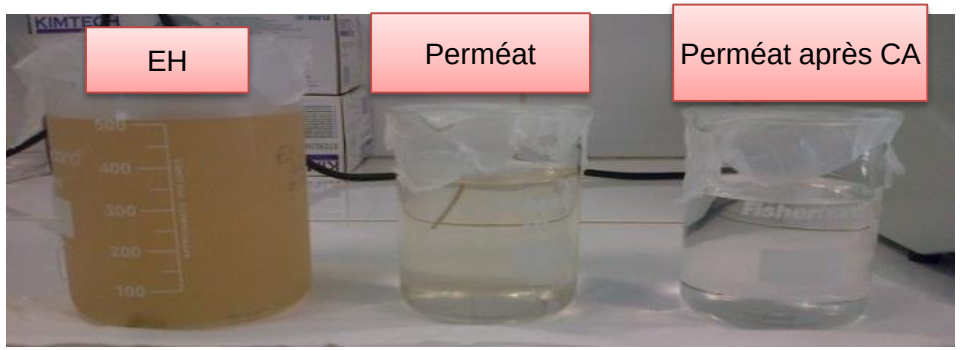
Bilan

2 années ➡ 5 expérimentations différentes réalisées

Résultats efficacité différente en fonction des organismes

Impacts plus important chez les poissons: métabolisation

Association BaM + Charbon actif: plus efficace



Labo Mobile

- Transposable sur autres sites
- Améliorations possibles : traitement sur place des échantillons

REMPAR
MICROPOLLUANTS

Merci pour votre attention

LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE TOULOUSE • UMR 5503
INP TOULOUSE
cnrs
université de BORDEAUX
LPTC
EPOC UMR 5805
éloa BASSIN D'ARCACHON
PÔLE DE SANTÉ D'ARCACHON GROUPEMENT DE COOPÉRATION SANITAIRE