

# ARMISTIQ

## Action A Traitements tertiaires intensifs

Réunion de projet

Sophie BESNAULT

9/02/2012



# Action A : Filières de traitement avancés intensifs

## Contexte :

- Procédés tertiaires avancés éliminent une partie des micropolluants
- Conditions opératoires optimales pas encore maîtrisées
- Efficacité de combinaisons de différents procédés pas encore étudiée à l'échelle semi-industrielle

## Objectifs :

- Hiérarchiser les procédés et déterminer les meilleures filières
- Déterminer les conditions optimales de fonctionnement
- Mettre en regard coûts et contexte (capacité, exigences)
- Evaluer l'impact environnemental de ces procédés



# Choix des STEPs

- **ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif (pilote)  
⇒ *Bernières sur Mer (14), Novembre 2010 à juin 2011*
- **ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O3/H2O2/UV)  
⇒ *Ollainville (91), Novembre-Décembre 2011*
- **ASE3-PA** : Pilote d'oxydation avancée en amont/aval d'un FAS  
⇒ *Bernières sur Mer (14), Septembre-Octobre 2011*

# Molécules suivies

<b>AKP (6)</b>	4-t-butylphenol, 4-t-OP, 4-NP, 4-NP1EO, 4-NP2EO, 4-NP1EC
<b>HAP (16)</b>	Naphtalène, acénaphtylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène
<b>Bétabloquants (4)</b>	Aténolol, métoprolol, propranolol, sotalol
<b>Antibiotiques, produits de contraste, médicaments (24)</b>	Sulfamethoxazole , Roxithromycine, Iopromide, Carbamazépine, Ibuprofene, Diclofénac, Diazepam
<b>Métaux (10)</b>	Ti, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, U, B, V, Mo, Sn, Ba
<b>Herbicides, pesticides (6)</b>	Glyphosate, AMPA, Atrazine, Simazine, Diuron, Isoproturon

# Campagnes

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + charbon actif  
*FAITE de novembre 2010 à juin 2011*

Colonne pilote CA

Objectifs :

- Déterminer les conditions optimales de fonctionnement (dose d'O<sub>3</sub>, débit dans colonne)
- Comparer FAS + O<sub>3</sub> à BRM + O<sub>3</sub>

19 échantillons

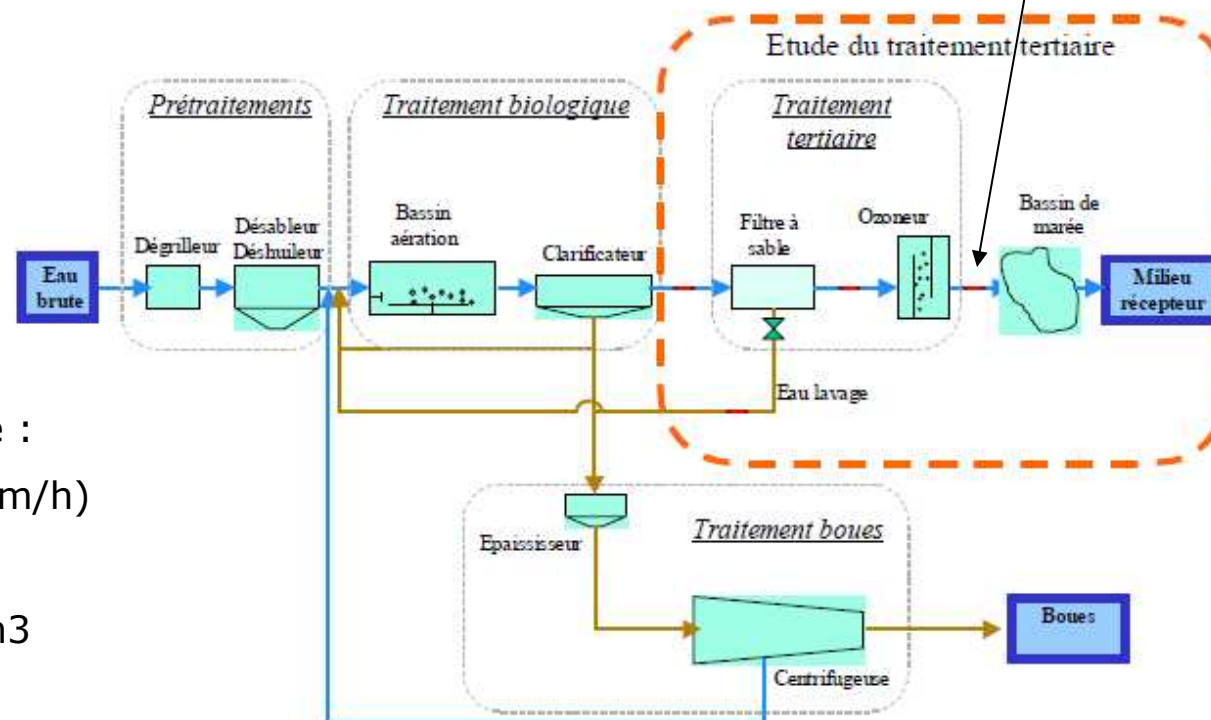


# Campagnes

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + charbon actif

Description de l'installation :

STEP de Bernières sur mer, 28 000 EH



Traitement tertiaire :  
8 FAS (20 m<sup>3</sup>, 3.6 m/h)  
2 bassins d'ozone  
(120 m<sup>3</sup>), 3 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>

# Campagnes

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif

Description de l'installation : colonne de charbon actif



Filtration		
Condition	Gravitaire	
Matériau	Filtrisorb-400	
Hauteur colonne	2	m
Hauteur totale du matériau	0,80	m
Hauteur eau au dessus du CA	Adaptée par la poire	m
Vitesse de filtration	5	m/h
Temps de contact	10	min
Diamètre colonne	0,125	m
Volume colonne	0,0245	m3
Volume de matériau	19,63	L
Densité apparente CA	425	kg/m3
Quantité de CA contenue dans la colonne	8,34	kg
Contrôle du débit	Bac avec robinet flotteur	
Contrôle du volume filtré	Compteur volumétrique	
Rétrolavages		
Fréquence	1 par semaine	
Lavage à l'air	Débit air (Nm3/m2/h)	60
	Durée (min)	2
Rinçage à l'eau	Vitesse eau (m/h)	20
	Durée (min)	15

# Stratégie d'échantillonnage

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif

2 doses d'O<sub>3</sub>, étalé dans le temps

1. Définage	Limiter les pertes de charge et les fuites de particules	Turbidité/pH	Fonctionnement de la colonne à l'eau potable	0
2. Variation de la dose d'ozone, semaine 1	Evaluer l'incidence de la dose d'ozone sur l'élimination des micropolluants et l'efficacité de la colonne avec un charbon actif neuf	Micropolluants, dose d'ozone	Doses : 5 et 10 gO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> ; HRT colonne : 10 minutes	8
3. Variation de la dose d'ozone, semaine 3	Evaluer l'incidence de la dose d'ozone sur l'élimination des micropolluants et l'efficacité de la colonne avec un charbon actif utilisé pendant 2 semaines	Micropolluants, dose d'ozone	Doses : 5 et 10 gO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> ; HRT colonne : 10 minutes	6
4. Fonctionnement normal, mois 3 + eau de lavage	Evaluer l'incidence de l'utilisation de la colonne pendant trois mois sur l'efficacité de rétention des micropolluants, évaluer la concentration en micropolluants dans l'eau de lavage	Micropolluants	Dose : 5 gO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> ; HRT colonne : 10 minutes	3
4. Fonctionnement normal, mois 6	Evaluer l'incidence de l'utilisation de la colonne pendant six mois sur l'efficacité de rétention des micropolluants	Micropolluants	Dose : 3 gO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> ; HRT colonne : 10 minutes	2
				19

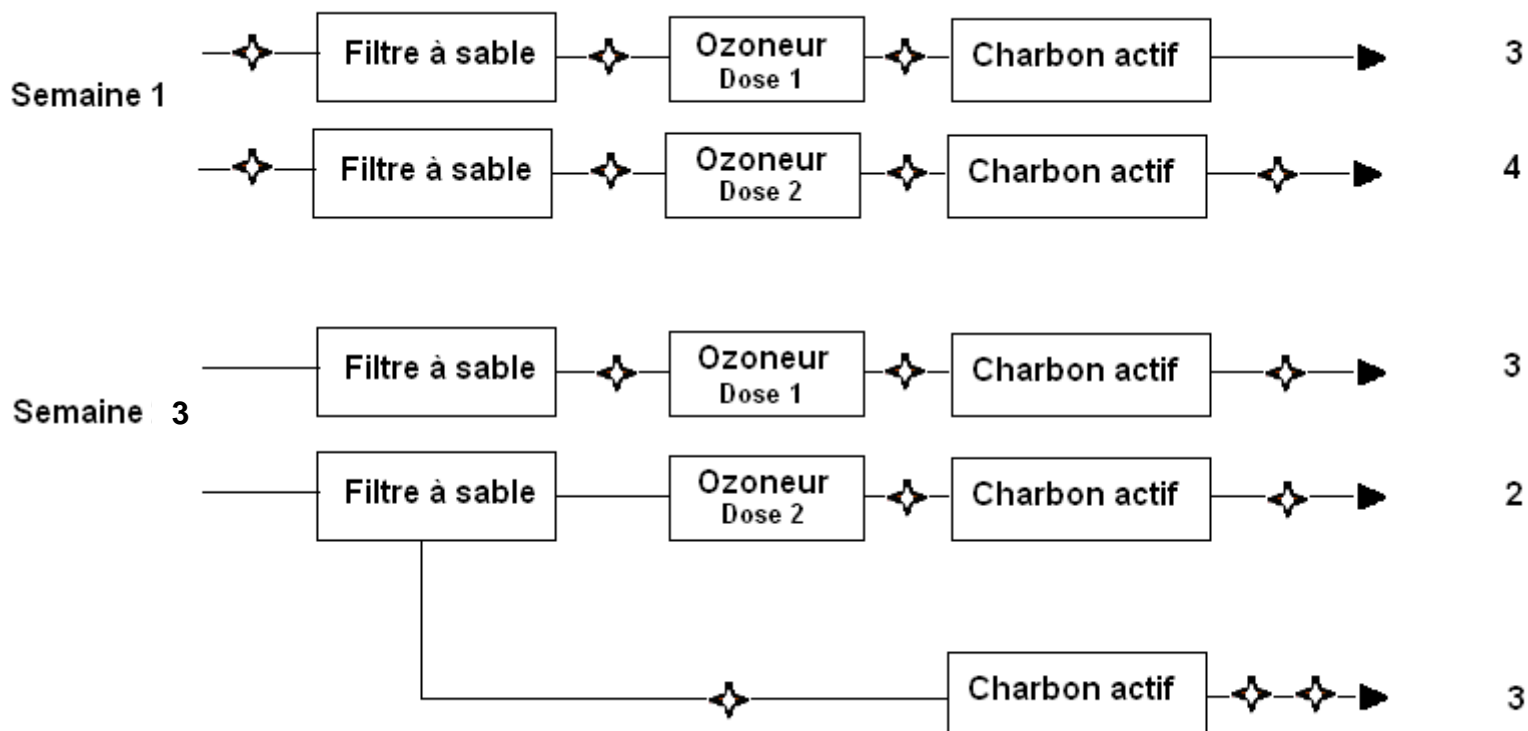


# Stratégie d'échantillonnage

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif

Échantillons moyens 2 heures, 10 prélèvements ponctuels

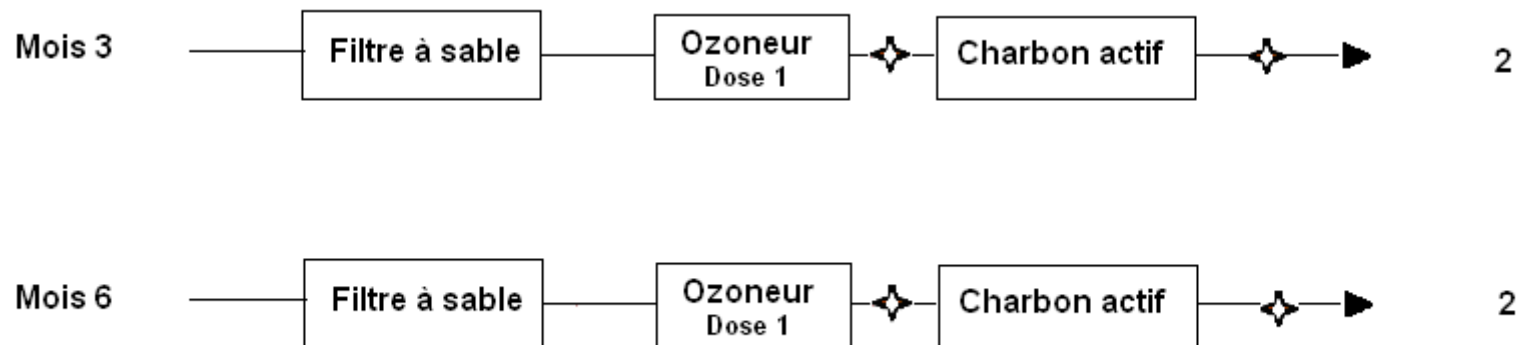
## Points de prélèvement



# Stratégie d'échantillonnage

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif

## Points de prélèvement



# Résultats préliminaires

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif

- Résultats incomplets
- Non détectés : bétaxolol, PER, IP, DacA, BP

ng/L	Semaine 1				Semaine 2		Mois 6	
	Entrée FAS	Entrée ozoneur	Entrée colonne	Sortie colonne	Entrée colonne sans O3	Sortie colonne sans O3	Entrée colonne	Sortie colonne
Aténolol	1903	1317	266	2	1191	<LOQ	261	<LOQ
Métoprolol	163	142	25	<LOQ	189	<LOQ	83	<LOQ
Propanolol	776	603	<LOQ	<LOQ	592	1	76	1
Sotalol	1025	1422	<LOQ	<LOQ	1525	<LOQ	148	<LOQ
Carbamazépine	184	199	<LOQ	<LOQ	304	<LOQ	97	2
Diazepam	3	3	<LOQ	<LOQ	3	<LOQ	3	<LOQ
Ibuprofene	86	29	7	<LOQ	84	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diclofenac	763	788	4	<LOQ	1401	1	114	5

- Rendement d'élimination >99% sur les médicaments les deux premières semaines, même sans O3
- Mois 6: Rendement >95%

# Résultats préliminaires

**ASE1-PA** : Filtration sur sable + ozonation + Charbon actif

- Réduction des HAPs observée jusqu'au mois 6 mais valeurs très faibles en entrée (de l'ordre de 1 ng/L)

ng/L	Semaine 1				Semaine 2		Mois 6	
	Entrée FAS	Entrée ozoneur	Entrée colonne	Sortie colonne	Entrée colonne sans O3	Sortie colonne sans O3	Entrée colonne	Sortie colonne
PHE	1,7	1,4	1,4	0,9	2,8	1,4	1,5	1,0
PYR	1,9	1,7	2,0	0,5	1,9	0,4	0,5	0,1
BEP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
FLUO	0,8	0,5	0,7	0,3	0,7	0,1	0,3	0,1

**La colonne est toujours efficace au bout de 6 mois pour les médicaments, les betabloquants et les HAPs**

**Pas de relargage de métaux par la colonne**

# Campagnes

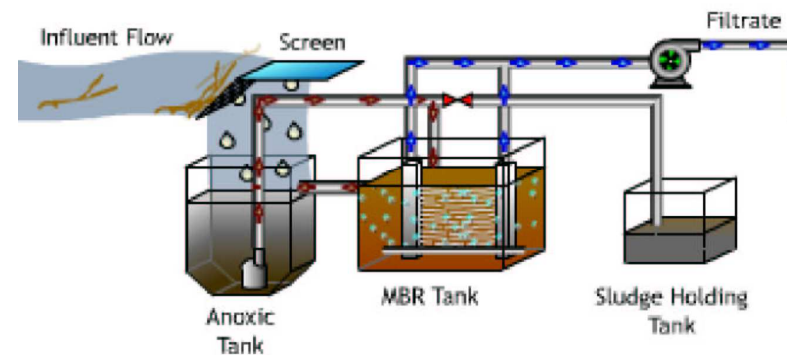
**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O3/H2O2/UV)  
*FAITE de novembre à décembre 2011*

Objectifs :

- Tester l'efficacité de différentes combinaisons de procédés avancés
- Comparer FAS + O3 à BRM + O3

15 échantillons

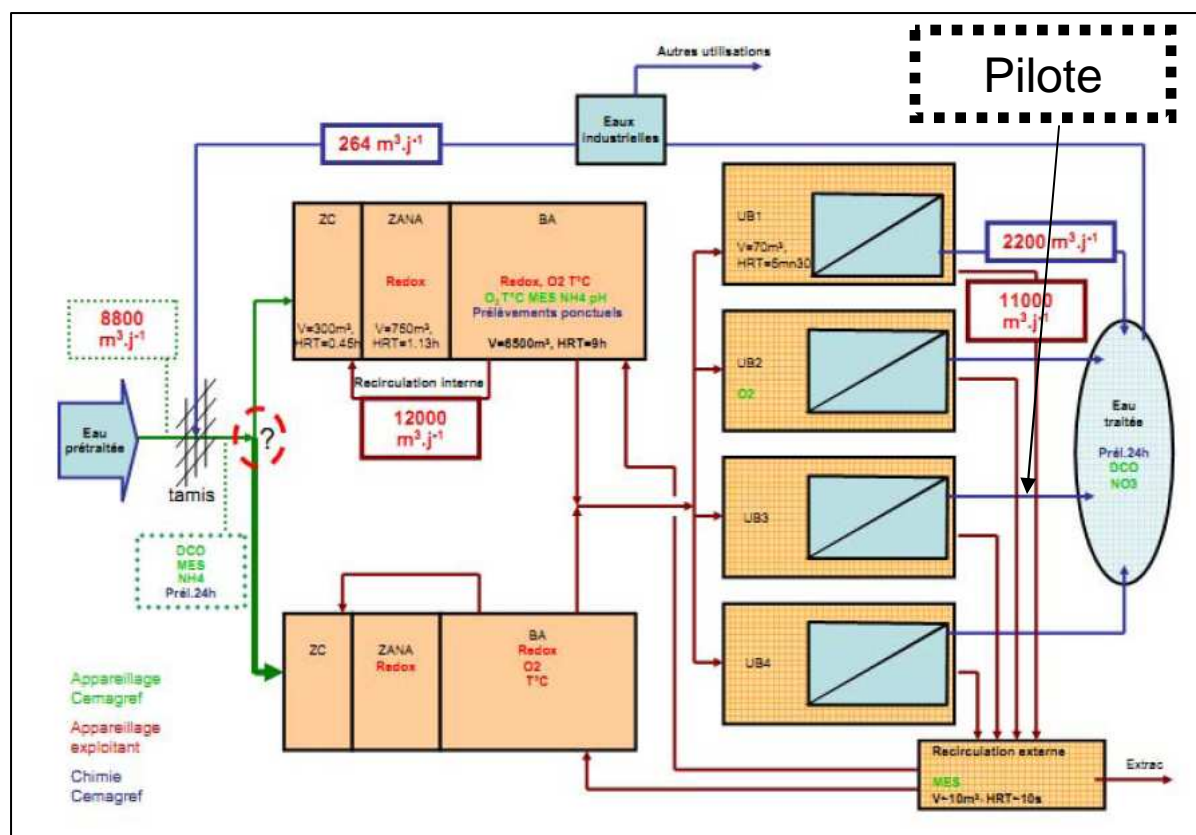
BRM



# Campagnes

**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O3/H2O2/UV)

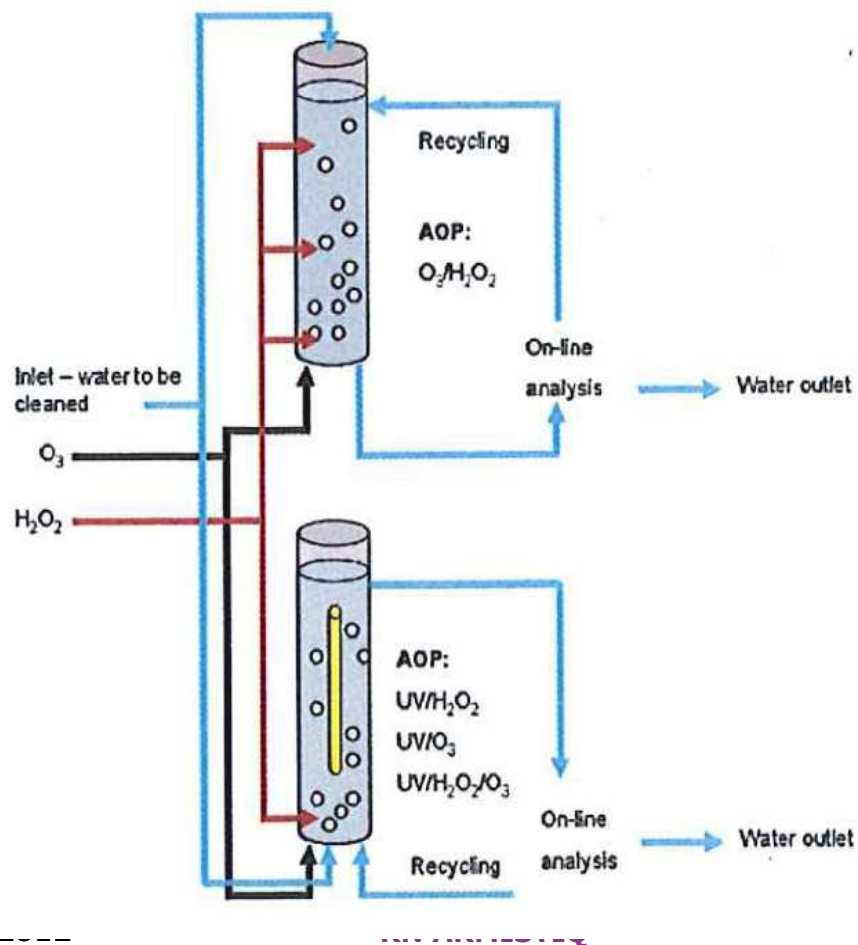
Site choisi : Ollainville (91), STEP de 60 000 EH



# Description du pilote

**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)

Container de 4m \* 7.5m \* 3.5m dans lequel tous les éléments sont intégrés



Deux lignes de traitement en parallèle :

- O<sub>3</sub> ou O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- O<sub>3</sub>/UV ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV



# Description du pilote

**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)





# Emplacement du pilote

**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)



# Stratégie d'échantillonnage

**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)

Echantillons moyens 2 heures

Conditions testées :

- **Ozone** : 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, temps de séjour 2.71 min Dose et temps de séjour relativement faibles pour évaluer l'optimisation possible grâce aux POAs
- **Ozone-Peroxyde** : (peroxone), formation de radicaux HO° à partir de l'ozone, ratio H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> optimal à déterminer, autour de 0,5/1 mol/mol, pas de maintenance lampe UV
  - 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, temps de séjour 2.71 min, dose H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.94 g/h (ratio 0.5/1)
  - 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, temps de séjour 2.71 min, dose H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1.88 g/h (ratio 1/1)
  - 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, temps de séjour 2.71 min, dose H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2.83 g/h (ratio 1.5/1)

# Stratégie d'échantillonnage

**ASE2-PA** : BRM suivi d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)

Echantillons moyens 2 heures

Conditions testées :

- **Ozone-UV** : très efficace pour produire des radicaux HO°, potentiel d'oxydation plus élevé que UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mais coûts énergétiques élevés, dose d'UV optimale à déterminer
  - 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, temps de séjour 5 min, dose UV 398 mJ/cm<sup>2</sup>
  - 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, temps de séjour 10 min, dose UV 795 mJ/cm<sup>2</sup>
- **Peroxyde-UV** : combinaison plus économique et plus pratique que celles avec l'ozone mais potentiel d'oxydation moins élevé
  - dose UV 795 mJ/cm<sup>2</sup>, dose H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2.11 g/h (10 mg/L)
  - dose UV 795 mJ/cm<sup>2</sup>, dose H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1.05 g/h (5 mg/L)

# Campagnes

**ASE3-PA** : FAS en amont/aval d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et UV)

*FAITE de septembre à octobre 2011*

Objectifs :

- Comparer les POA avec le traitement par CA
- Evaluer toxicité éventuelle sous-produits

15 échantillons

FAS + O<sub>3</sub>

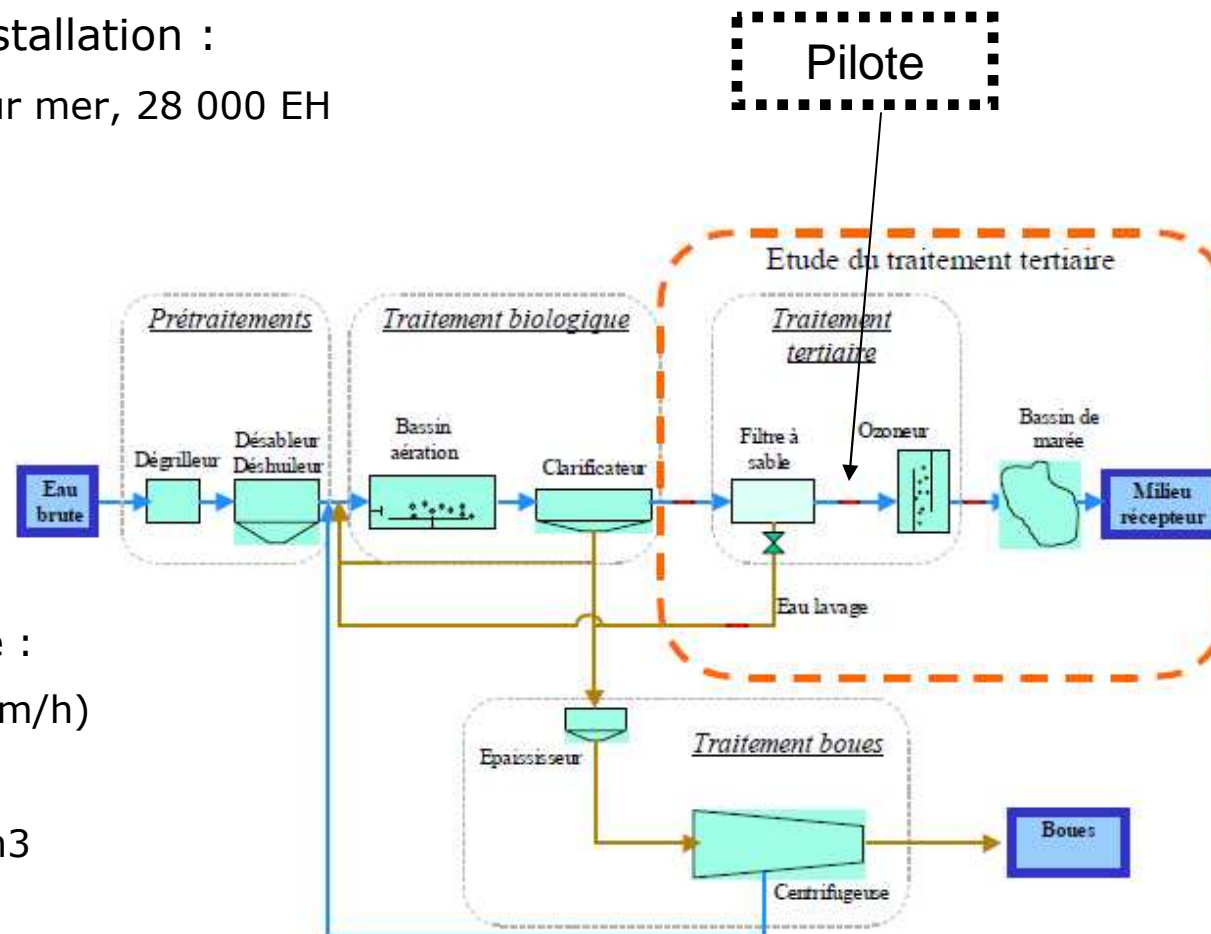


# Campagnes

**ASE3-PA** : FAS en amont/aval d'un pilote d'oxydation avancée ( $O_3+H_2O_2$  et UV)

Description de l'installation :

STEP de Bernières sur mer, 28 000 EH



Traitement tertiaire :  
8 FAS (20 m<sup>3</sup>, 3.6 m/h)  
2 bassins d'ozone  
(120 m<sup>3</sup>), 3 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>

# Stratégie d'échantillonnage

**ASE3-PA** : FAS en amont/aval d'un pilote d'oxydation avancée ( $O_3+H_2O_2$  et UV)

Conditions testées : Identiques à celles de ASE2-PA

- **Ozone**
- **Ozone-UV**
- **Ozone-Peroxyde**
- **Peroxyde-UV**

# Emplacement du pilote

**ASE3-PA** : FAS en amont/aval d'un pilote d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et UV)



# Résultats préliminaires

**ASE3-PA** : FAS en amont/aval d'un pilote d'oxydation avancée (O3+H2O2 et UV)

Qualité eau entrée du pilote constante excepté pour le P

Description	Date	AMPA (µg/L)	Glyphosate (µg/L)	MES (mg/L)	MVS (mg/L)	Ammonium (mg/L)	Orthophosphate (µg/L P)	Nitrate (mg/L NO3)	Nitrite (mg/L NO2)	Phosphore (µg/L P)	COT (mg/L C)	COD (mg/L C)	NTK (mg/L N)	DCO (mg/L O2)	DBO5 (mg/L O2)
Entrée ozoneur J1	30/11/2010	<0,1	<0,1	3	<2	3,6	65	7	0,34	160	8,2	8,2	4,3	16	<3
Entrée ozoneur J2	01/12/2010	1,3	0,37	<2	<2	5,4	61	8	0,43	160	8,9	8,9	5,9	28	<3
Entrée ozoneur J1 D1	14/12/2010	1,5	<0,1	<2	<2	3,6	170	14	0,31	240	7,5	7,5	4,4	30	<3
Entrée ozoneur D1	30/05/2011	3,9	0,89												
Entrée Ozone UV 1	26/09/2011	0,15	<0,1	<2	<2	<0,1	2900	8	<0,05	2940	8,5	8,5	1,7	<30	<3
Entrée Ozone	27/09/2011	<0,1	<0,1	<2	<2	<0,1	3200	8	0,09	3200	8,7	8,4	1,3	31	<3
Entrée Peroxone 1/1	03/10/2011	2	<0,1	<2	<2	<0,1	510	8	<0,05	590		9,6	1,4	35	
Entrée Peroxone 0,5/1 et ozone/UV 2	04/10/2011	2,6	<0,1	<2	<2	<0,1	870	8	<0,05	940	8,1	8	1,6	38	<3
Entrée Peroxone 1,5/1	11/10/2011	5,4	0,12	<2	<2	<0,1	2200	10	<0,05	2240	8,4	8,4	1,4	37	<3
Entrée UV/Peroxyde 1 et 2	17/10/2011	3,6	0,12	<2	<2	<0,1	2000	11	<0,05		15,9	14	1,6	31	<3



# Conclusions

- Campagnes terminées
- Résultats en cours d'interprétation
- La colonne est toujours efficace vis-à-vis des bêtabloquants, des médicaments et des HAPs au bout de 6 mois de fonctionnement 24/24