



ANR-16-CE34-0009

# REJET D'EAUX CHLORÉES : ETUDE DES IMPACTS SUR LE GOLFE DE FOS

ACCUEIL PRESSE  
11 FÉVRIER 2019





## REJETS DE CHLORE DANS LE GOLFE DE FOS, LES PREMIERS RÉSULTATS SONT LÀ

L'étude FOS-SEA est une étude sur l'impact des rejets de chlore dans le Golfe de Fos, financée par l'Agence Nationale pour la Recherche et la région Sud-PACA et qui rassemble plusieurs laboratoires universitaires ainsi que 2 exploitants de la zone industrialo-portuaire de Fos. Dans une approche de recherche participative, les volontaires de l'Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE) contribuent aux relevés de biodiversité et aux mesures physico-chimiques du milieu marin.

Il faut savoir que les molécules de chlore rejetées dans le milieu marin réagissent avec d'autres et génèrent la création de polluants secondaires baptisés sous-produits de chloration (SPC). Ces polluants peu connus avaient été mis à jour par l'IECP dès 2014. L'étude FOS-SEA se penche donc sur leurs effets et sur leur présence dans l'eau, l'air, les sédiments ainsi que le vivant (oursins, moules, planctons, congres). En outre, des tests de géno-toxicité auront lieu en laboratoire sur des cellules vivantes afin de déterminer un éventuel impact sur l'ADN.

Lancée voilà près de 2 ans, FOS-SEA livre actuellement ses premiers résultats. Des sous-produits de chloration (SPC) ont été mesurés dans l'ensemble du golfe, notamment dans le port et l'anse de Carteau, avec un net impact de la météo sur les concentrations rencontrées.

En terme d'écotoxicité, l'effet cocktail des SPC a été mesuré sur des larves d'oursins. On a observé que différents SPC combinés à faible dose sont plus toxiques qu'un seul à dose forte. D'ores et déjà, les chercheurs sont capables d'affirmer que les oursins du Golfe de Fos ont développé une forme de résistance à ces polluants : la dose létale de ces produits combinés est en effet plus importante pour les larves d'oursins venues du golfe que pour des larves de la même espèce issues d'un milieu protégé.

Une information d'importance lorsque l'on connaît la fragilité du milieu marin, qui montre bien l'impérieuse nécessité de développer la connaissance dans le domaine environnemental.

A l'issue des 3 années d'études, un colloque rassemblera l'ensemble des acteurs du golfe (industriels, usagers et professionnels de la mer) et les chercheurs spécialisés afin, au vu des résultats, d'émettre des préconisations autour de cette problématique.

### Contacts

Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions  
04 90 55 49 94 | [contact@institut-ecocitoyen.fr](mailto:contact@institut-ecocitoyen.fr) | [www.institut-ecocitoyen.fr](http://www.institut-ecocitoyen.fr)

Chargée de Communication - Véronique Dolot  
06 61 68 88 45 - [veronique.granier@institut-ecocitoyen.fr](mailto:veronique.granier@institut-ecocitoyen.fr)



Evaluation du risque environnemental lié à la maîtrise  
du biofouling en zone littorale méditerranéenne

PROJET FOS-SEA



ANR-16-CE34-0009





## HISTORIQUE

- 2010 Mise en service du terminal méthanier ELENGY-CAVAOU  
Projet FOS-FASTER (abandonné)
- 2011 Travaux bibliographiques IECP autour des sous-produits de chloration (SPC)
- 2013 Mesure par l'IECP de SPC dans les congrès du Golfe de Fos
- 2014 Etude IECP/LCE (AMU) des SPC dans les eaux du golfe
- 2016 Lancement du projet FOS-SEA coordonné par le LCE et en partenariat avec  
IECP, MIO/PROTEE, IMBE, EDF, ELENGY



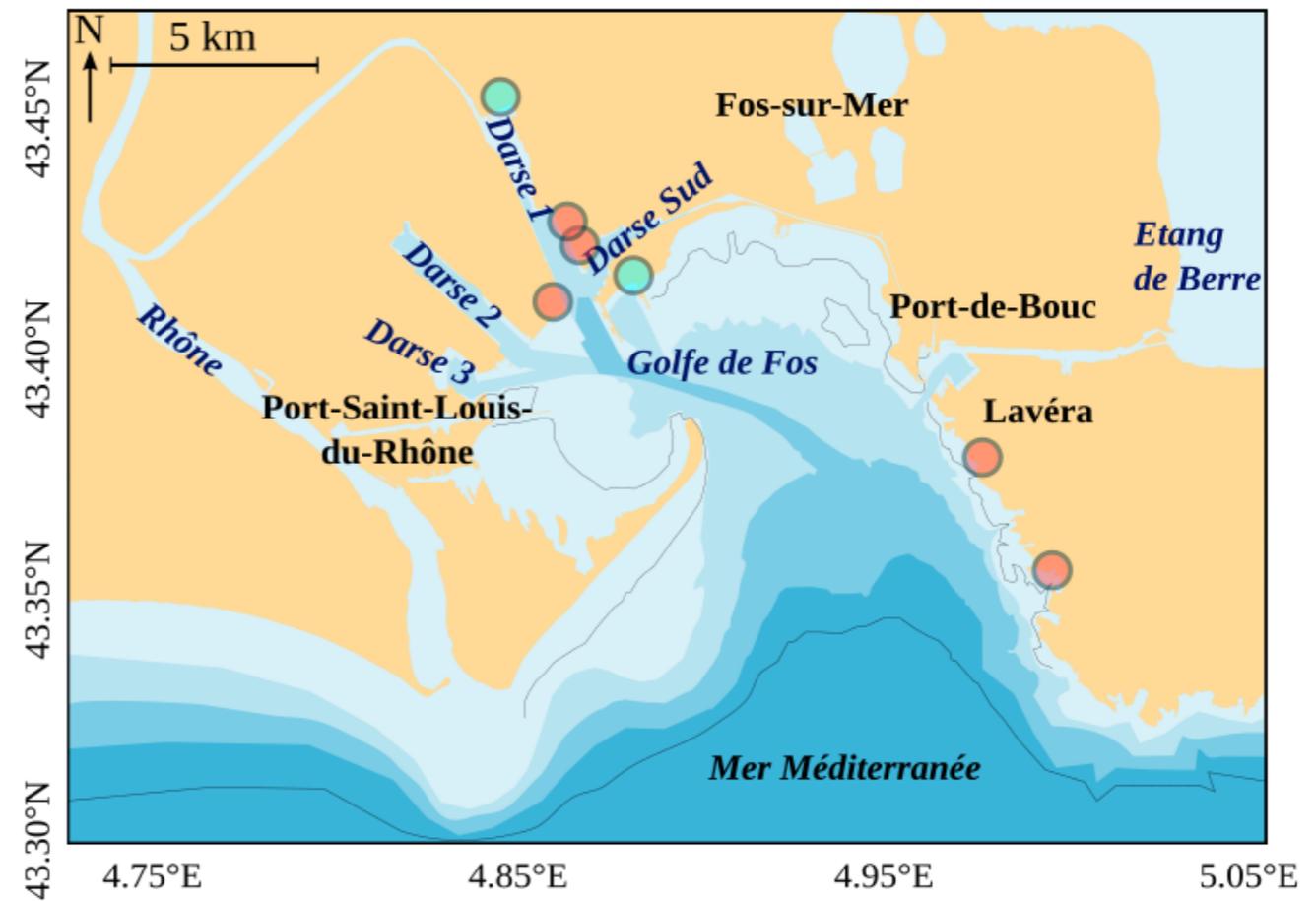
### Plusieurs rejets d'eaux chlorées

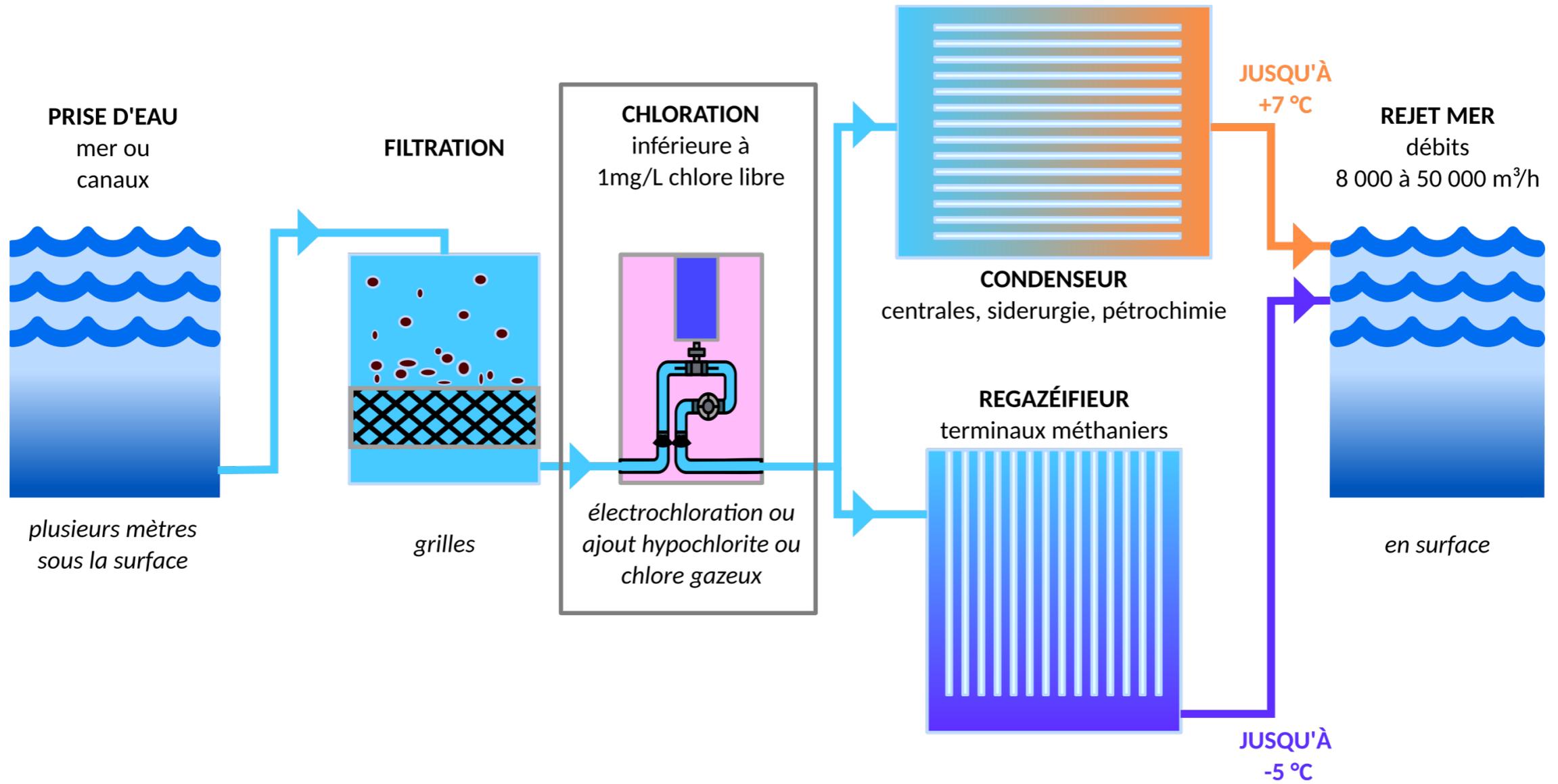
- concentrations basses
- débits élevés

Question du cumul ?

Effets long terme ?  
notamment sur l'écosystème ?

Impact sur la santé ?



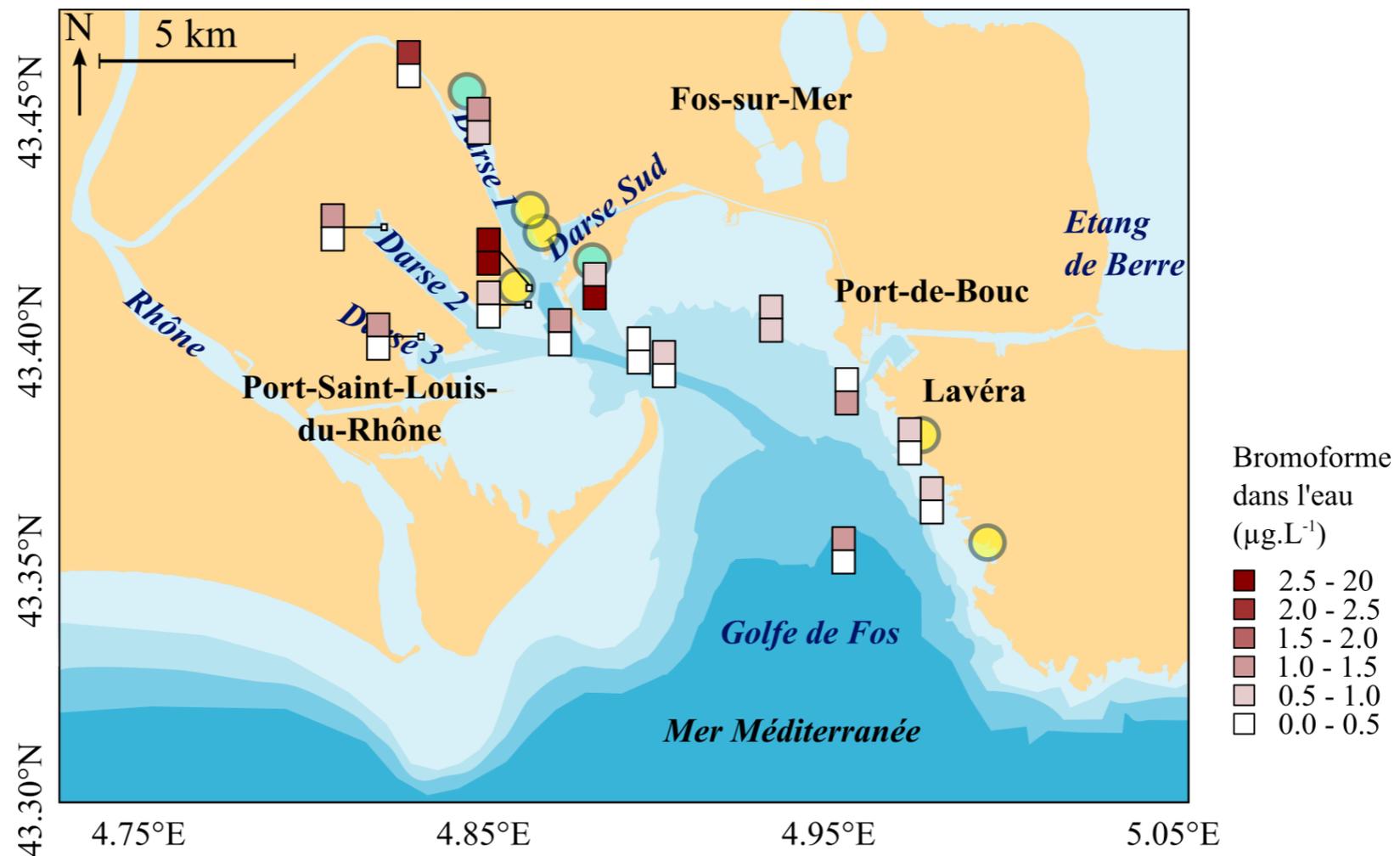


*formation de sous-produits de chloration*



Mesures hydrologiques (salinité, température...) et prélèvements bouteille Niskin  
24 stations (hiver + été), 5 familles de sous-produits recherchés

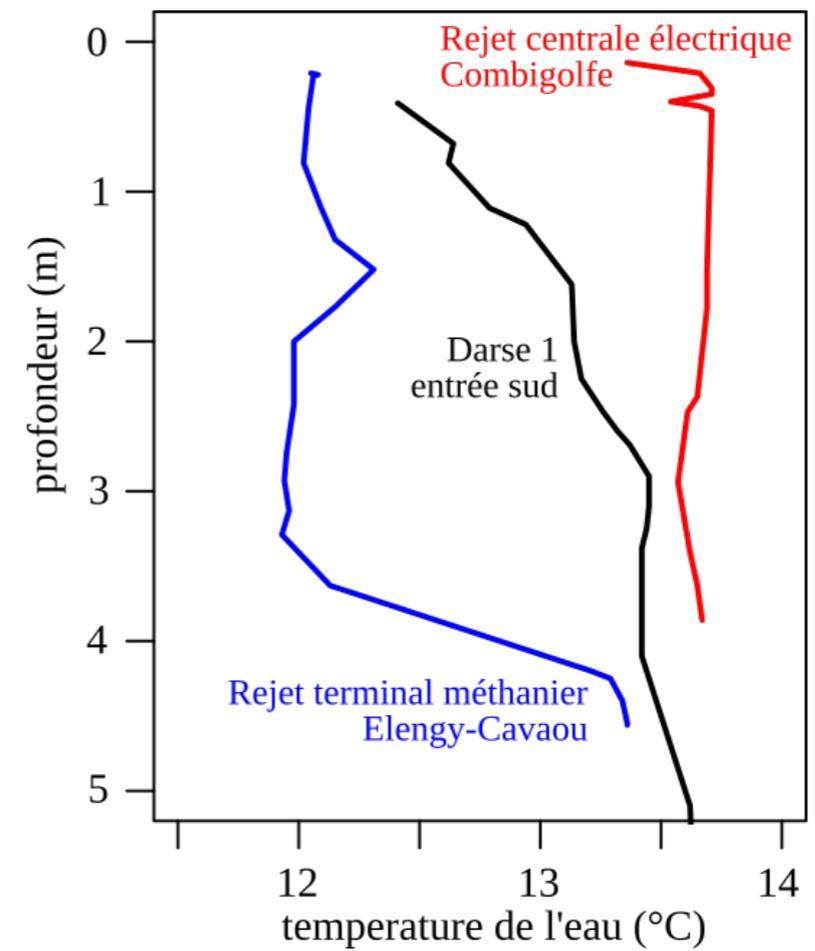
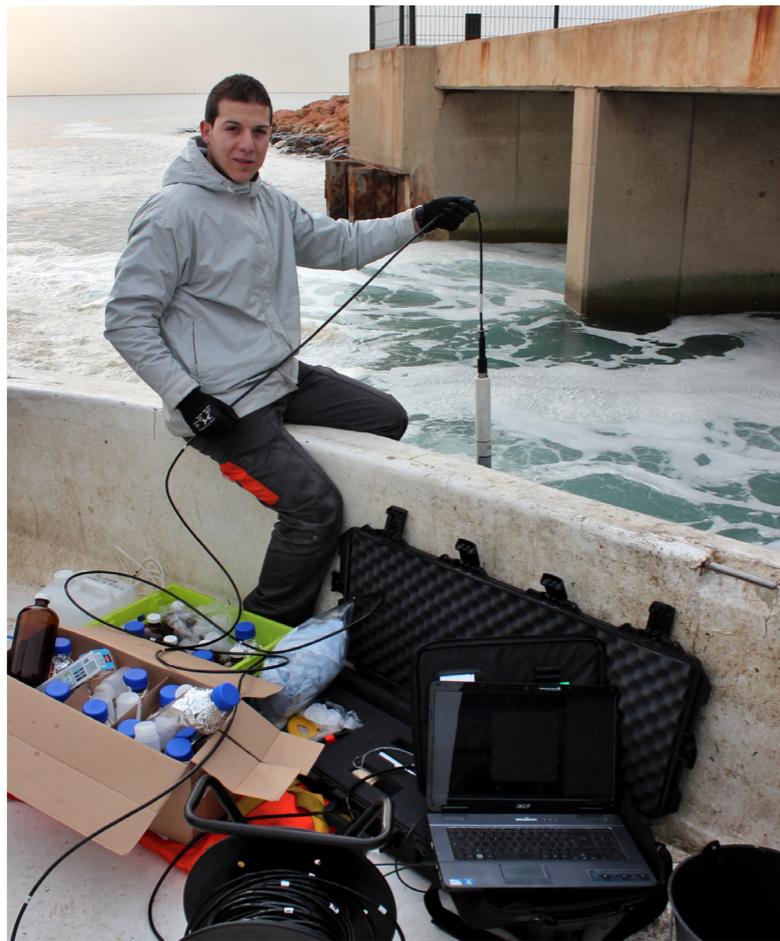
Diffusion dans l'ensemble du Golfe de Fos  
bromoforme, DBAN l'hiver





Composition des rejets  
très variable selon l'émissaire

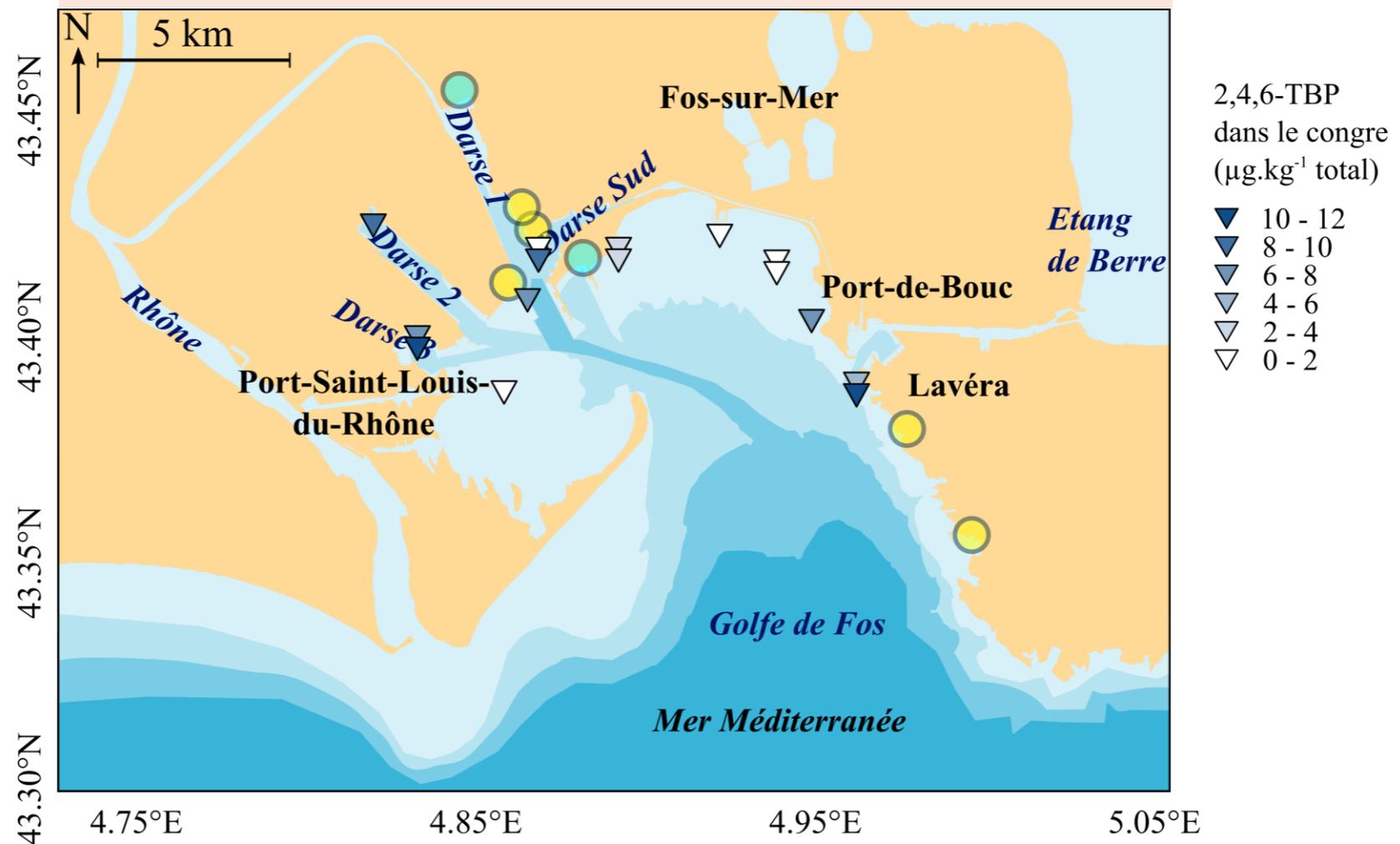
Importance des données hydrologiques (physico-chimie - sonde CTD)  
assure la pertinence du prélèvement





Accumulation dans les congres  
tribromophénol (TBP): 0 à 10,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (naturelles < 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Risque toxicologique potentiel  
notamment halophénols (aussi HAA, DBCM)





## OBJECTIFS DU PROJET



**Devenir dans l'environnement des 6 millions de m<sup>3</sup> de rejets d'eau chlorés (somme des arrêtés préfectoraux)**

**Impacts environnementaux et sanitaires potentiels de ces rejets**

- Campagnes d'échantillonnage (eau, air, sédiments, biote) au niveau des rejets et dans le golfe
- Installation d'échantillonneurs passifs pour connaître les flux potentiels de pollution
- Identification et quantification des sous-produits (eau, air, sédiments, biote -poissons, oursins)
- Etude de la réactivité de l'eau chlorée avec les composés naturels (ou non) présents dans le Golfe de Fos
- (Eco)toxicité de ces composés (sur site et en laboratoire)
- Modélisation du devenir des sous-produits potentiels (transfert eau-air, eau-biote, transformation, hydrolyse, photolyse, ...)



**LCE / Univ Aix-Marseille (coordinateur)**

Prélèvements eaux, sédiments  
Analyses chimiques (eaux & biota), constantes  
Pose capteurs passifs  
Mesures atmosphériques (COV)  
Modélisation

**Institut Ecocitoyen**

Communication (vidéo, colloque)  
Campagnes en mer  
Prélèvements poissons, moules & oursins (bioaccumulation)  
Courantologie, mesures CTD, O2 dissous, chlorophylle-a  
Observations VOCE (diversité marine, salinité)

**PROTEE / Univ Toulon-Var**

Diversité planctonique  
Toxicologie sur plancton  
Toxicologie in-situ sur oursins

**IMBE / Univ Aix-Marseille**

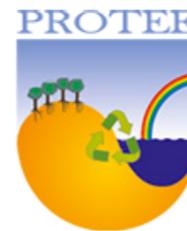
Toxicologie labo sur cellules

**EDF**

Analyses capteurs passifs

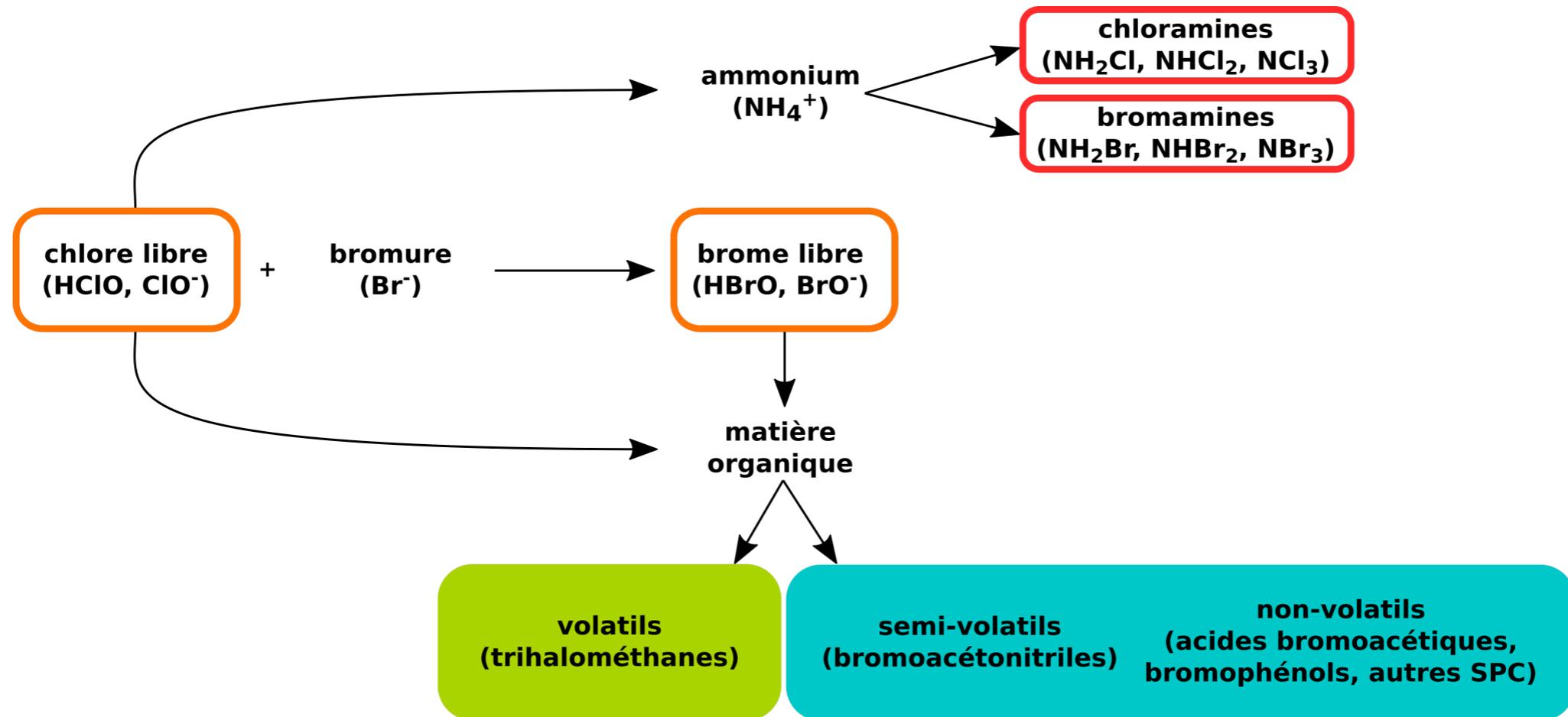
**ELENGY**

Site d'expérimentation principal





# CE QUE L'ON SUPPOSAIT EN DÉBUT DE PROJET



	<i>Oxydants libres (chlore ou brome libres)</i>	Mesurés comme "Oxydants Totaux Résiduels" (TRO)	SPC
	<i>Oxydants combinés (chlore ou brome combinés)</i>		
	<i>Organiques halogénés volatilissables (POX)</i>	POX + EOX = TOX (Organiques halogénés totaux)	
	<i>Organiques halogénés extractibles (EOX)</i>		



## CE QUE L'ON NE SAVAIT PAS AU DÉBUT DU PROJET:



Excepté des études menées par EDF dans les années 1990, peu de données scientifiques existent sur l'impact du rejet d'eaux chlorées dans l'environnement

- Nature et concentration des sous-produits
- Données fondamentales absentes de la littérature (KH, KOW, PEC/PNEC, ...)
- Effets cocktail SPD + site multi-pollué
- Variation salinité, conditions météorologiques
- Méthodes analytiques en milieu marin à metre au point (AOX, bromates, chlorates, ...)
- Echantillonnages ponctuels et intégratifs en milieu marin
- Modélisation hydro-géo-dynamiquo-chimique



### **Air - 8 sites**

Prélèvements en continu : MASSALYA sur site Elengy-Cavaou  
Ponctuels : Canisters près des autres exutoires et en mer

### **Eaux de mer - 26 sites - 2 profondeurs**

Prélèvements Niskin surface et fond (ou -7m): +200 échantillons d'eau au 30/06/18  
Paramètres physico-chimiques (hydrologie CTD)  
Courantométrie (ADCP)  
Chimie (nitrates, phosphates & SPC, AOX, Cl total)

### **Plancton**

Abondance, biodiversité

### **Larves d'oursins – saison 2017-18**

Ecotoxicologie



**Sédiments - 8 sites**

**Capteurs passifs - 8 sites**

**Organismes marins**

Moules (5 bouées et 5 rivages) - 614 individus groupés par 10-15

Oursins (6 sites rivages) - 287 individus groupés par 10-15

Congres (6 sites) - 24 individus

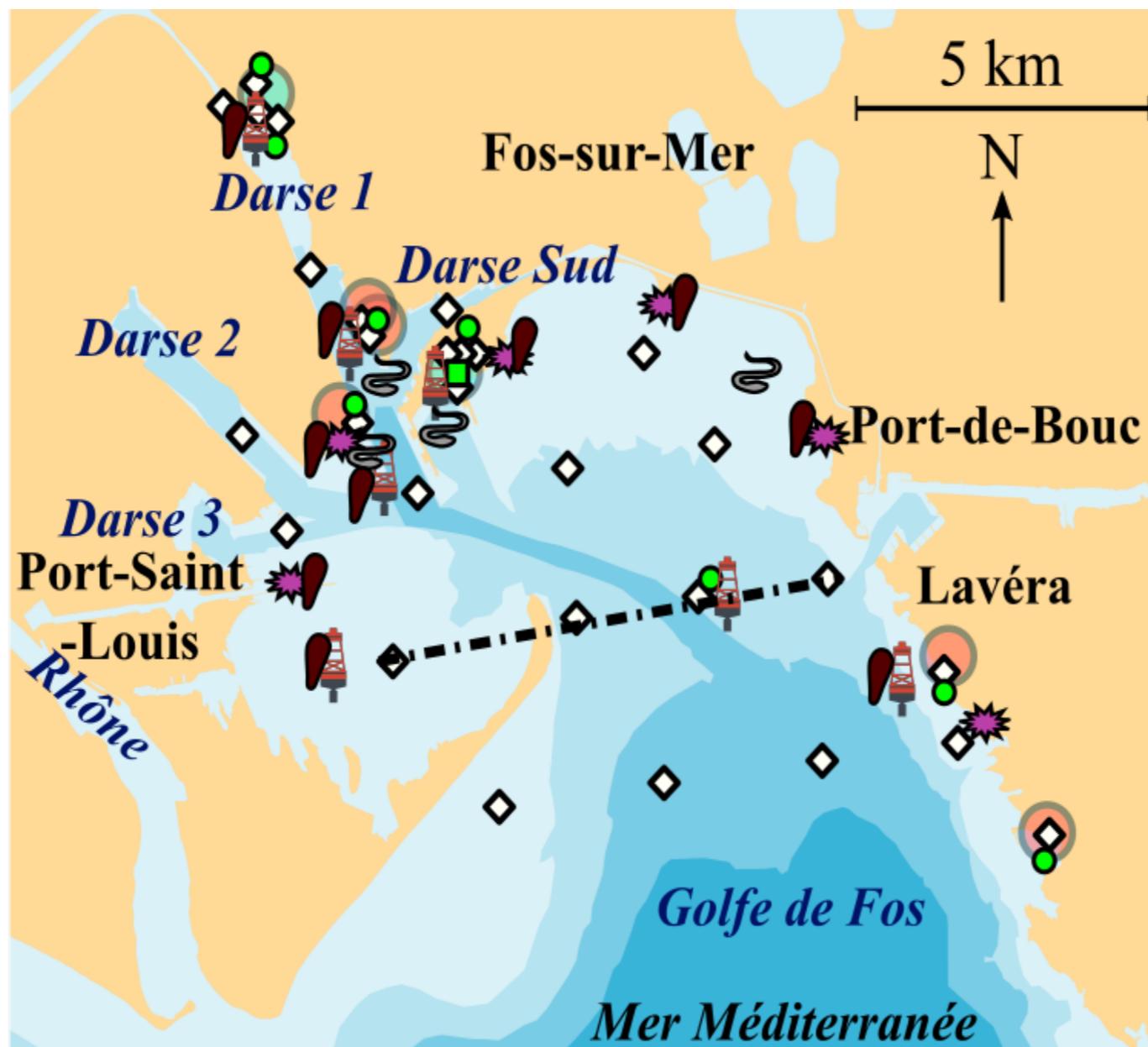
**VOCE**

Paramètres physico-chimiques (CTD) - 12 sorties en 18 mois

Biodiversité marine - 3 sites Palme-Masque-Tuba



# PRÉLÈVEMENTS



- Eaux**  
◇
- Air (ponctuel)**  
●
- Air (suivi)**  
■
- Bouée support**  
  - capteurs passifs
  - moules
  - site sédiment
- Biote**  
  - oursins
  - moules
  - congres



## Ecotoxicité sur les larves d'oursins



ANR-16-CE34-0009



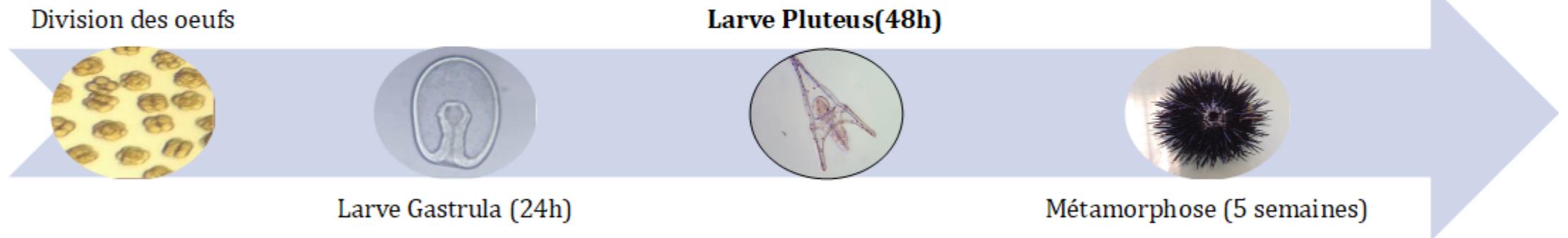


## MODÈLE D'ÉTUDE

Oursin étudié: Oursin violet (*Paracentrotus lividus*)  
Large répartition géographique  
Organisme très connu en biologie

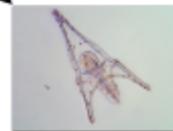
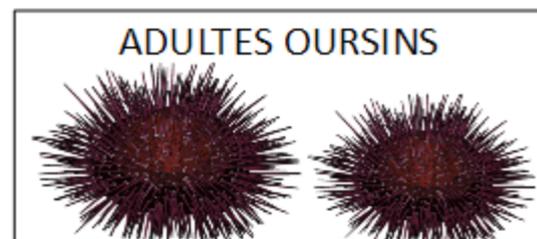
Expériences réalisées sur le jeune stade larvaire (*pluteus*) de l'oursin

Test d'écotoxicité : facile à mettre en place, rapide (48h)



# TOXICITÉ SUR DES LARVES *PLUTEUS*

## 1- Site contrôle non pollué : île des Embiez



Larves pluteus

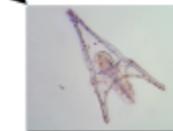
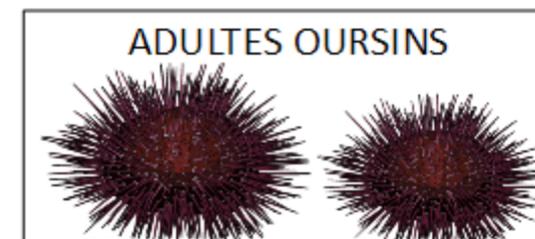
Exposition aux polluants :  
bromoforme, tribromophénol (TBP),  
acide tribromoacétique (TBAA)



Évaluation des concentrations

- Induisant 0% d'effet
- Induisant 5% d'effet
- Induisant 50% d'effet
- Induisant 90% d'effet

## 2- Golfe de Fos



Larves pluteus

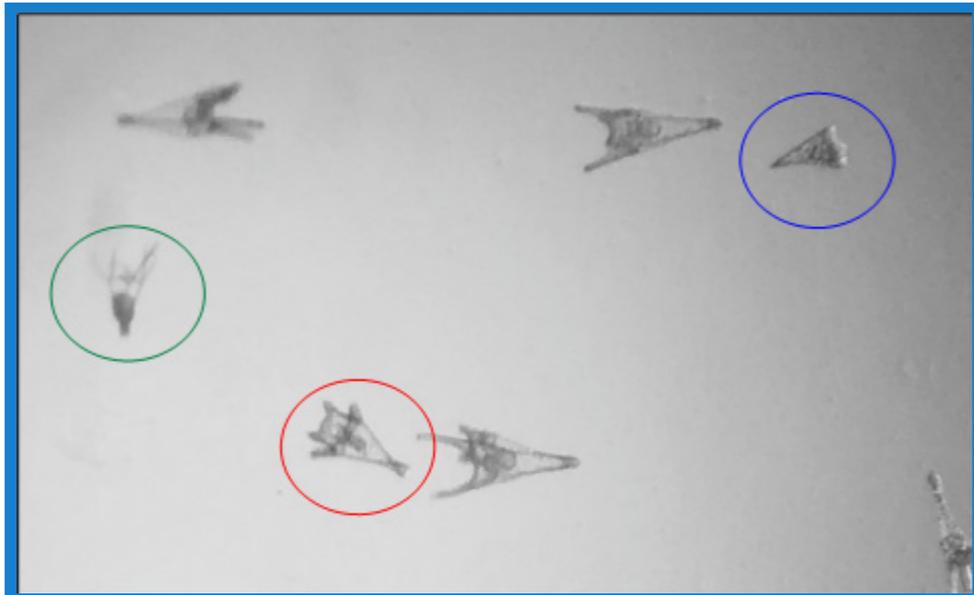
Évaluation des concentrations

- Induisant 0% d'effet
- Induisant 5% d'effet
- Induisant 50% d'effet
- Induisant 90% d'effet



Comparaison de la réponse avec le site contrôle

## TOXICITÉ DE 3 MOLÉCULES HALOGÉNÉES



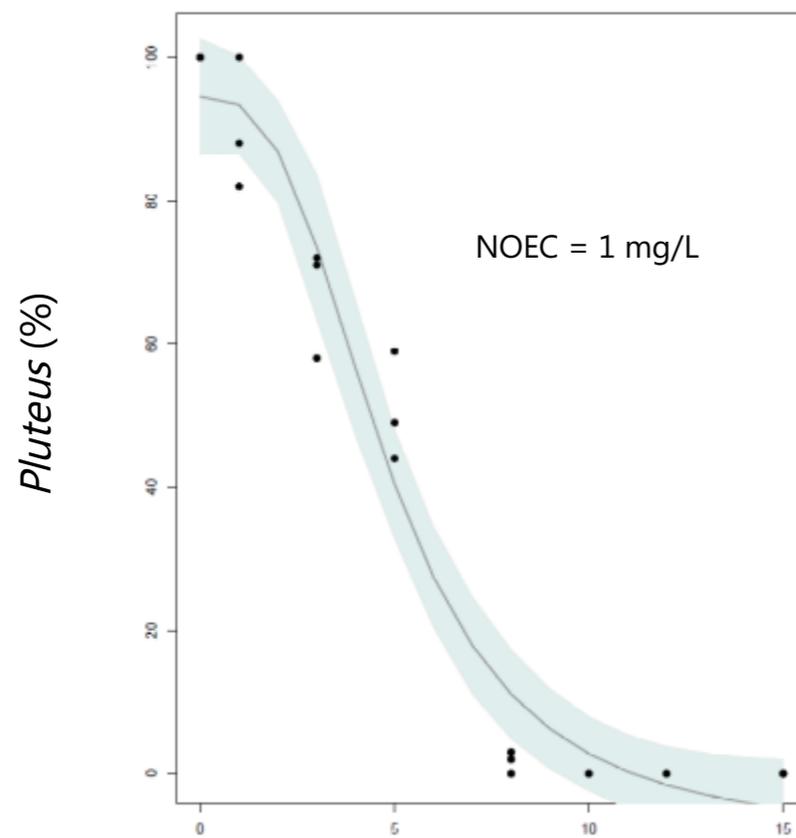
- Molécules étudiées : bromoforme, acide tribromoacétique (TBAA) et tribromophénol (TBP)
- Test basé sur : mortalité, anomalies, retard de croissance
- 48 heures d'exposition pour les larves issues d'adultes d'un **site contrôle non pollué** et d'adultes du **golfe de Fos**



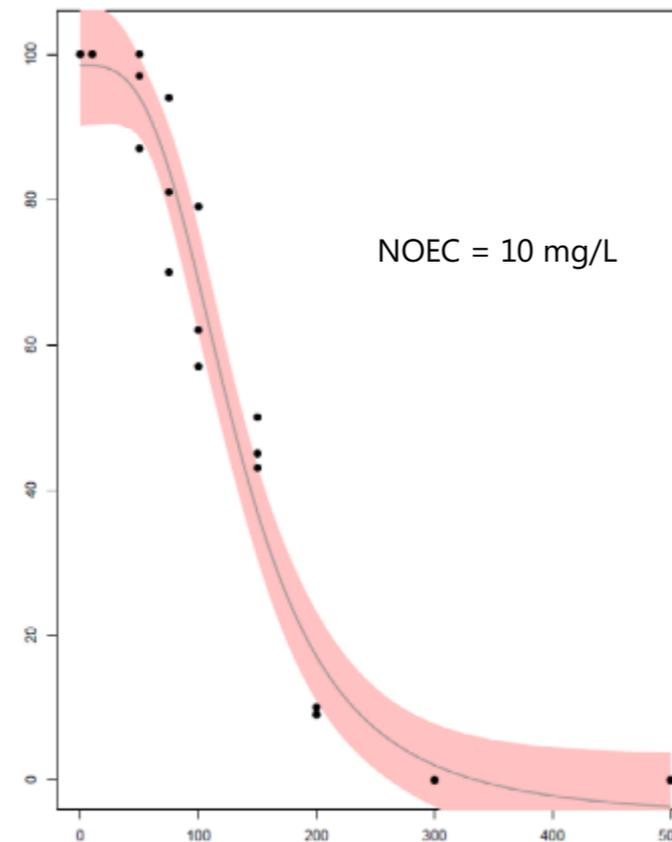
# COURBES DOSE-RÉPONSE

Concentration la plus élevée induisant 0% d'effet sur la croissance des larves = NOEC

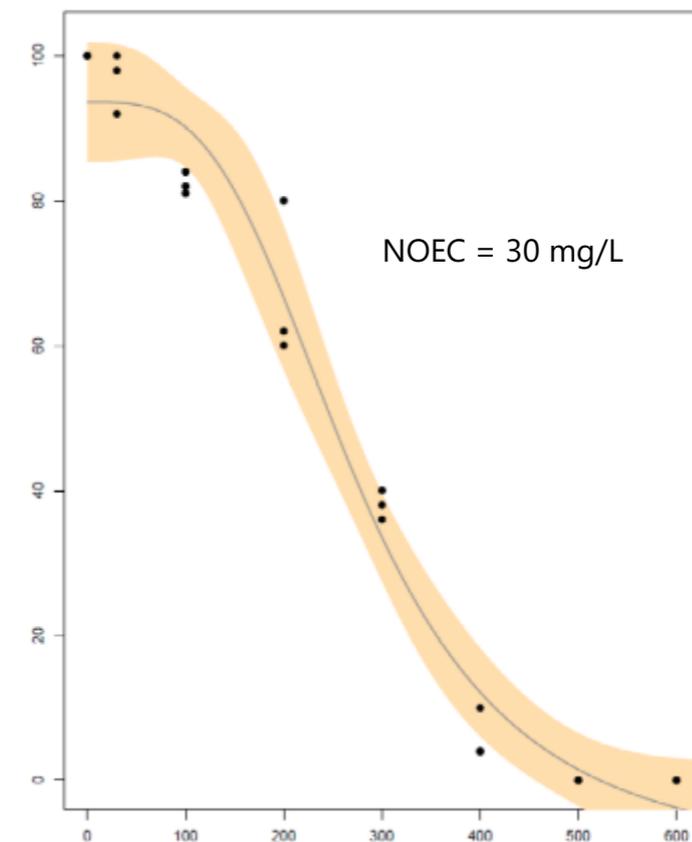
### Tribromophénol (TBP)



### Bromoforme



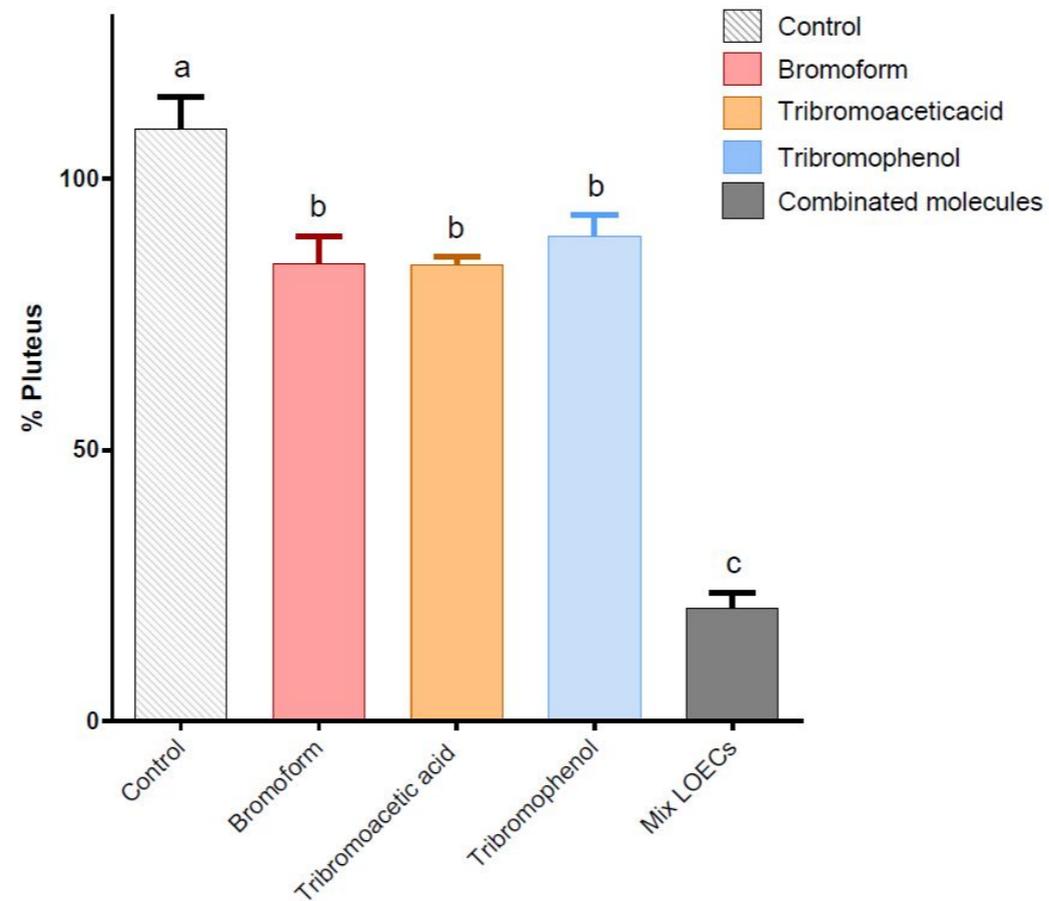
### Acide Tribromoacétique (TBAA)



Concentration (mg/L)



## EFFET COCKTAIL DES 3 MOLÉCULES HALOGÉNÉES



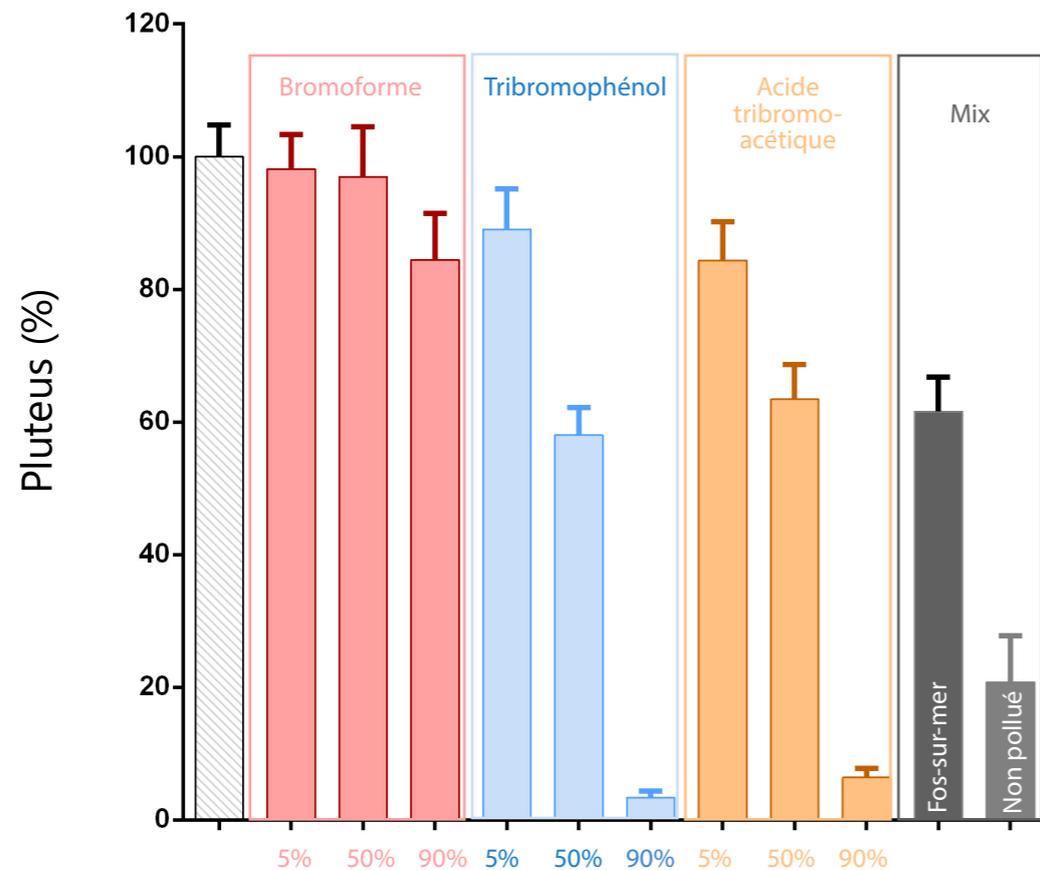
Pour la concentration la plus **faible** induisant un **premier effet** (LOEC)

- **20% de larves saines après 48h**

- **Effet « cocktail » des polluants**



## COMPARAISON SITE CONTRÔLE vs FOS-SUR-MER



Toxicité sur des larves issues d'adultes de Fos sur mer

- 5% d'effet
- 50% d'effet
- 90% d'effet

Pas de différence significative de réponse pour

- Acide tribromoacétique
- Tribromophénol

**Tolérance au bromoforme**

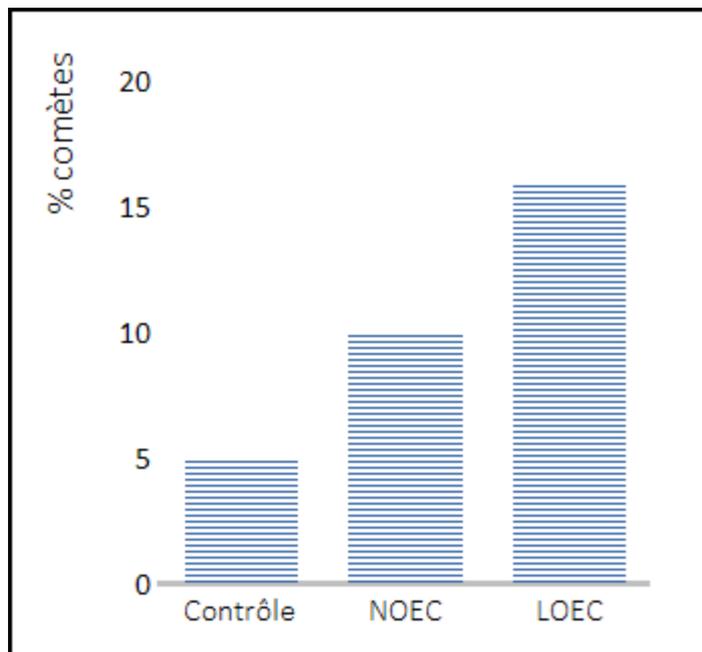
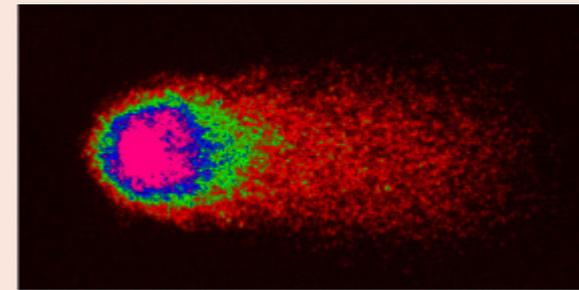
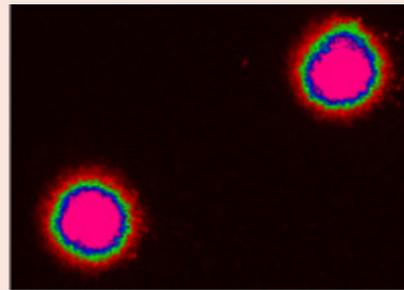
Potentielle adaptation locale



# EFFET GÉNOTOXIQUE DES 3 MOLÉCULES HALOGÉNÉES

Pouvoir génotoxique : capacité d'un polluant à casser l'ADN

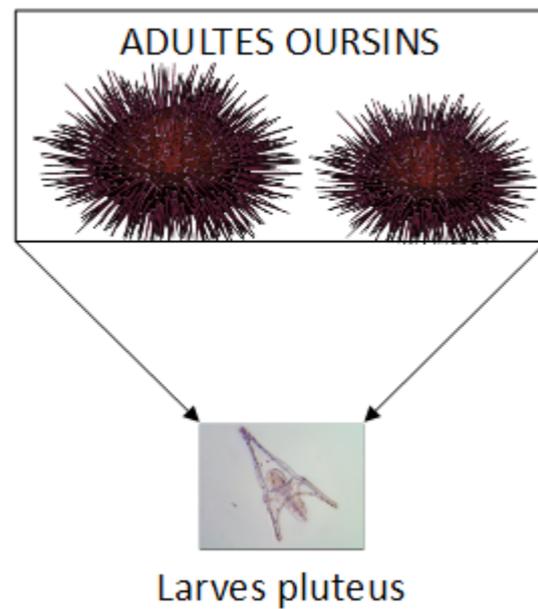
- mis en évidence en faisant migrer l'ADN des noyaux (test des comètes)



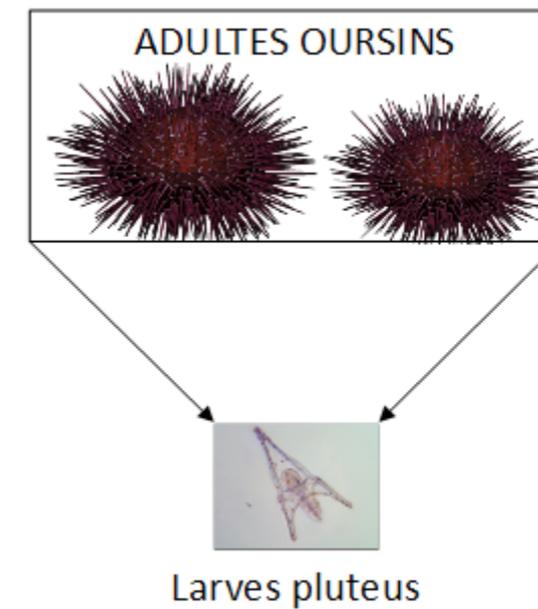
- Le % de noyaux endommagés augmente avec la concentration
- Après 1h d'exposition, déjà un dommage significatif sur l'ADN
- Aux mêmes concentrations, il faut 48h pour voir un dommage physiologique

# EXPRESSION DE GENES

Site contrôle non pollué : île des Embiez



Golfe de Fos-sur-mer



Exposition 48 heures :

- NOEC
- LOEC
- EAU REELLE



Mesure de l'expression de gènes

Gènes différents exprimés ?  
Adaptation locale ?



Exposition 48 heures :

- NOEC
- LOEC
- EAU REELLE