

ÉVALUATION DE L'ÉTAT  
ÉCOTOXICOLOGIQUE DES CÔTES  
FRANÇAISES POUR LA DCSMM  
-  
INDICATEURS ET OUTILS  
D'INTÉGRATION CHEZ LES POISSONS  
ET LES BIVALVES

N. WESSEL<sup>1</sup>, V. ROUBEIX<sup>1</sup>, F. AKCHA<sup>1</sup>, T. BRIAUDEAU<sup>2</sup>,  
M. BRUN<sup>1</sup>, T. BURGEOT<sup>1</sup>, U. IZAGIRRE<sup>2</sup>, A. MAUFFRET<sup>1</sup>

Journée « Biosurveillance » GIP Seine Aval – 29 novembre 2022

# Introduction

Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM): atteinte ou maintien du Bon Etat Ecologique (BEE) => Cycles de 6 ans

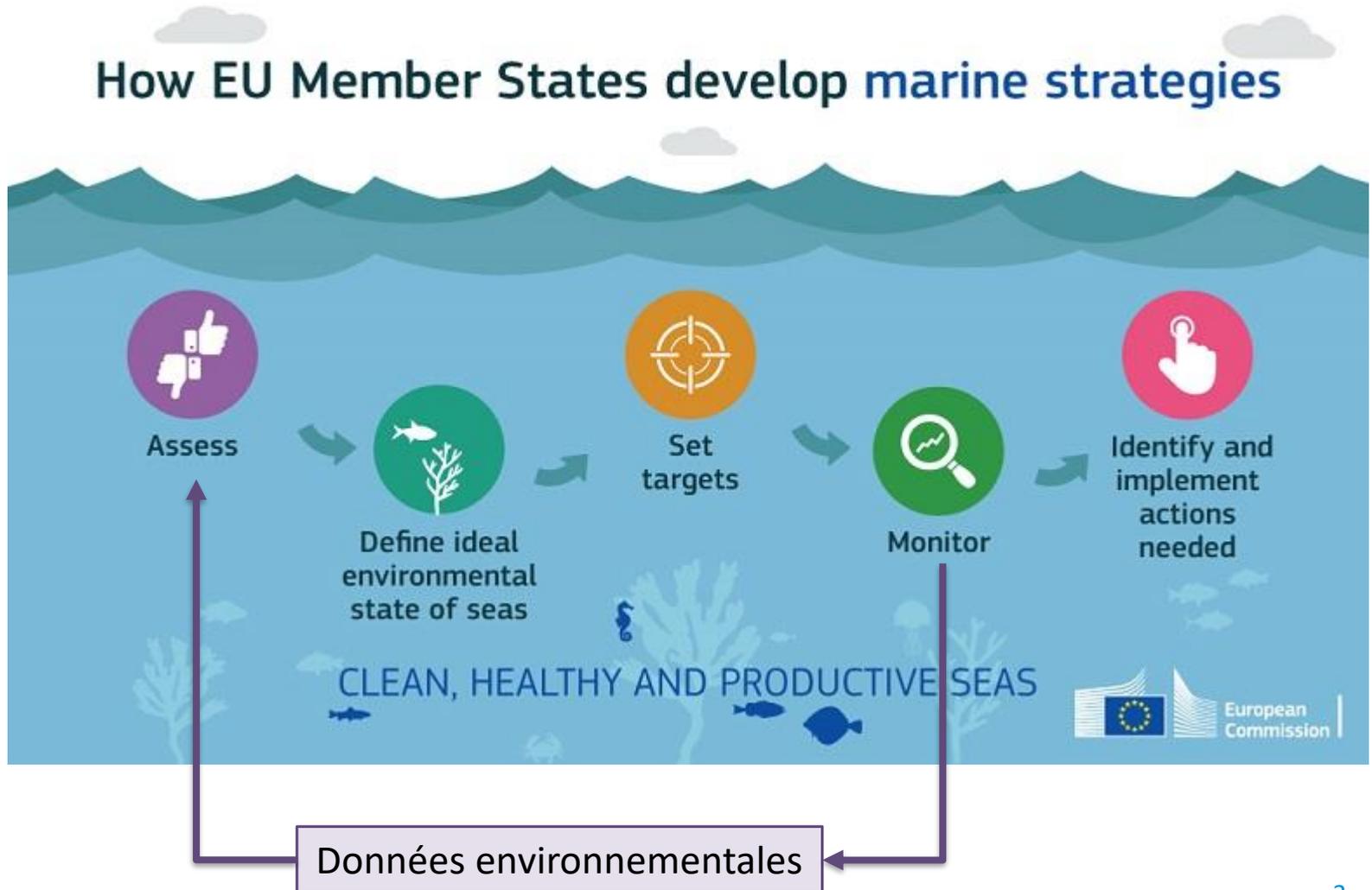
## How EU Member States develop marine strategies



# Introduction

Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM): atteinte ou maintien du Bon Etat Ecologique (BEE) => Cycles de 6 ans

## How EU Member States develop marine strategies



# Introduction

Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM): atteinte ou maintien du Bon Etat Ecologique (BEE) => Cycles de 6 ans



Illustration inspired from <http://www.syke.fi/>

# Introduction

Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM): atteinte ou maintien du Bon Etat Ecologique (BEE) => Cycles de 6 ans

D8: Concentrations des contaminants à des niveaux n'engendrant pas d'effets



## Criteria

D8C1	Concentrations en contaminants
D8C2	Effets biologiques des contaminants
D8C3	Episodes de pollution aigüe
D8C4	Effets des épisodes de pollution aigüe

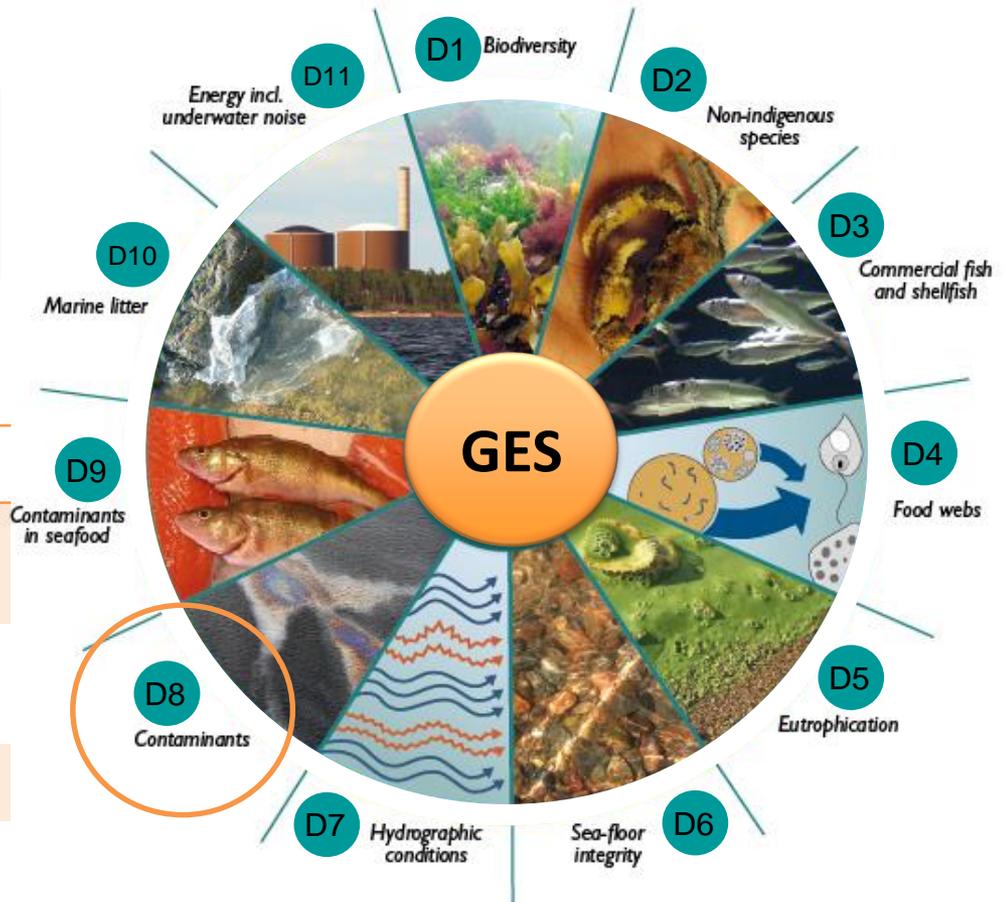


Illustration inspired from <http://www.syke.fi/>

# Introduction

Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM): atteinte ou maintien du Bon Etat Ecologique (BEE) => Cycles de 6 ans

D8: Concentrations des contaminants à des niveaux n'engendrant pas d'effets



## Criteria

D8C1	Concentrations en contaminants
D8C2	Effets biologiques des contaminants
D8C3	Episodes de pollution aigüe
D8C4	Effets des épisodes de pollution aigüe

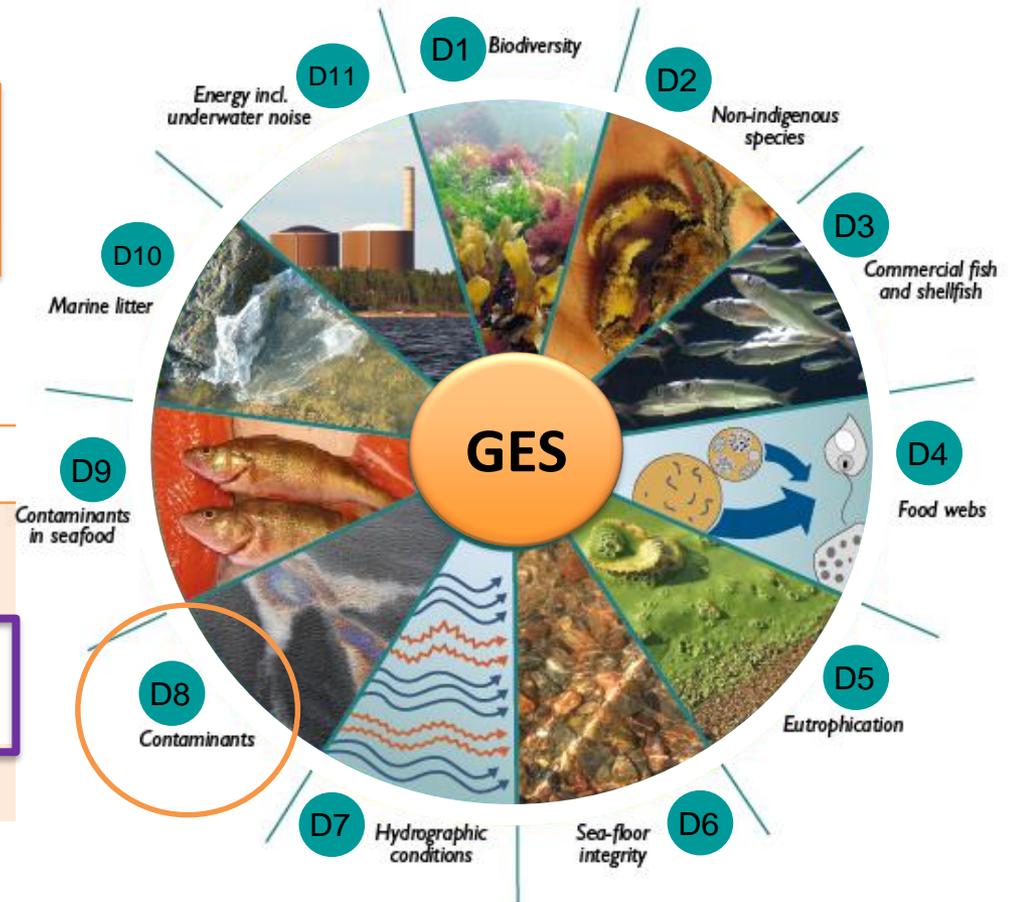


Illustration inspired from <http://www.syke.fi/>

## *Surveillance et évaluation des effets de la contamination chimique chez les poissons et les bivalves ?*

### ∞ Stratégie de surveillance :

- ∞ Stratégie d'échantillonnage
- ∞ Biomarqueurs mesurés

### ∞ Outils d'interprétation :

- ∞ Quels seuils utiliser quand aucun n'est disponible?
- ∞ Comment aller depuis les données individuelles vers une évaluation intégrée?

### ∞ Résultats :

- ∞ Evaluation de l'atteinte du BEE chez les poissons et les bivalves
- ∞ Evaluation intégrée

### ∞ Conclusions & perspectives

# Stratégie de surveillance

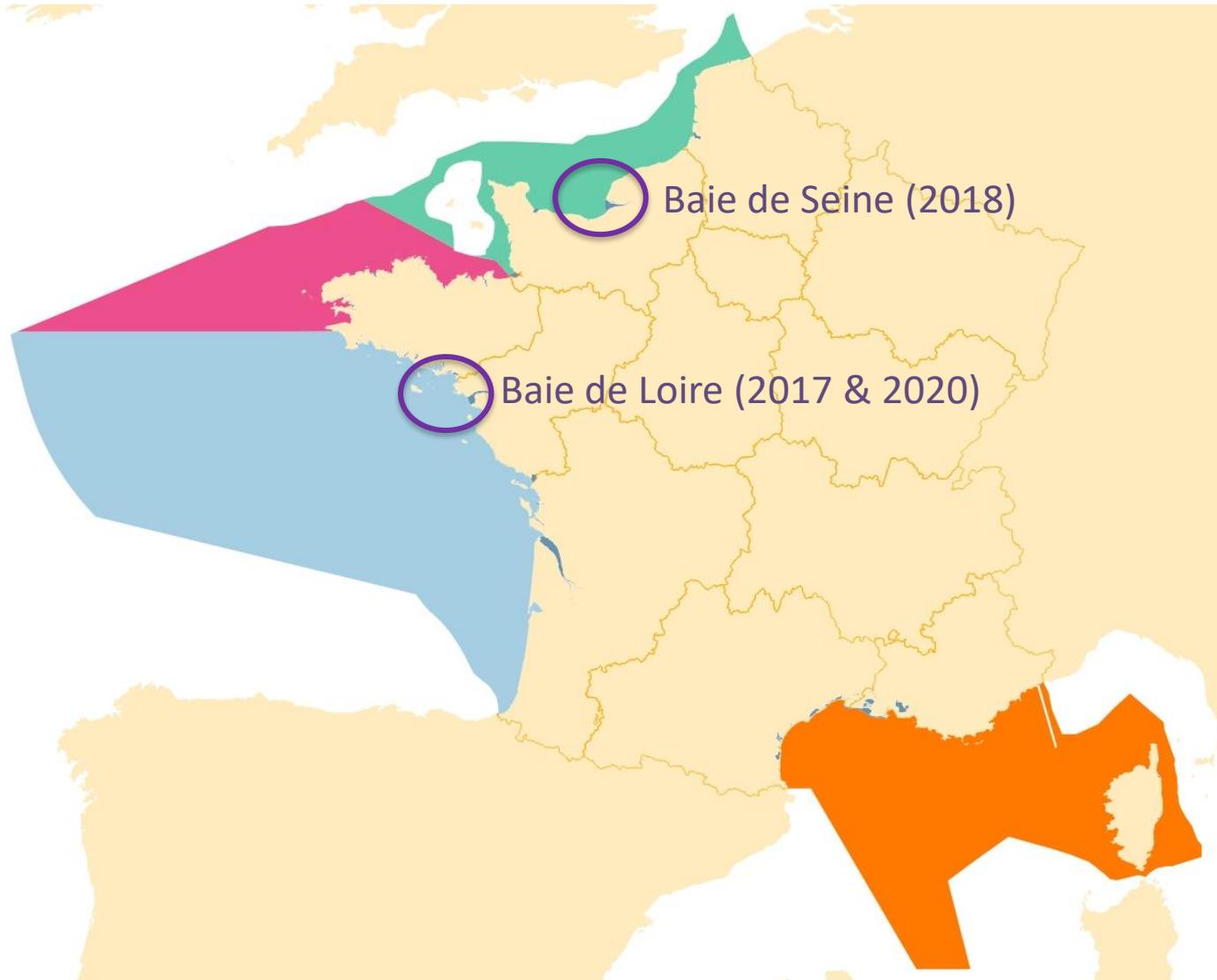
## Programme SELI

(Suivi des Effets bioLogiques Induits)



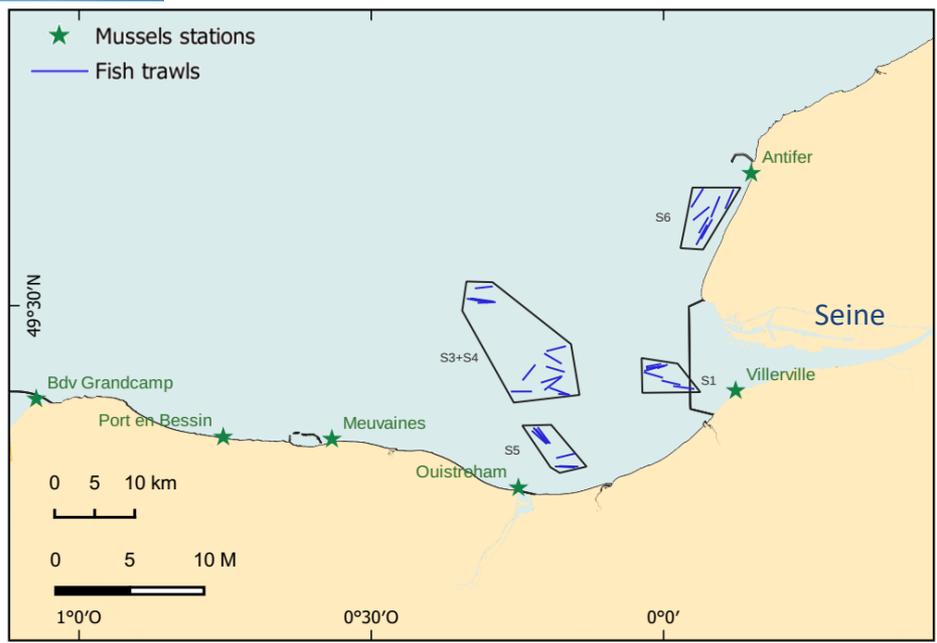
# Stratégie de surveillance

Deux estuaires pilotes

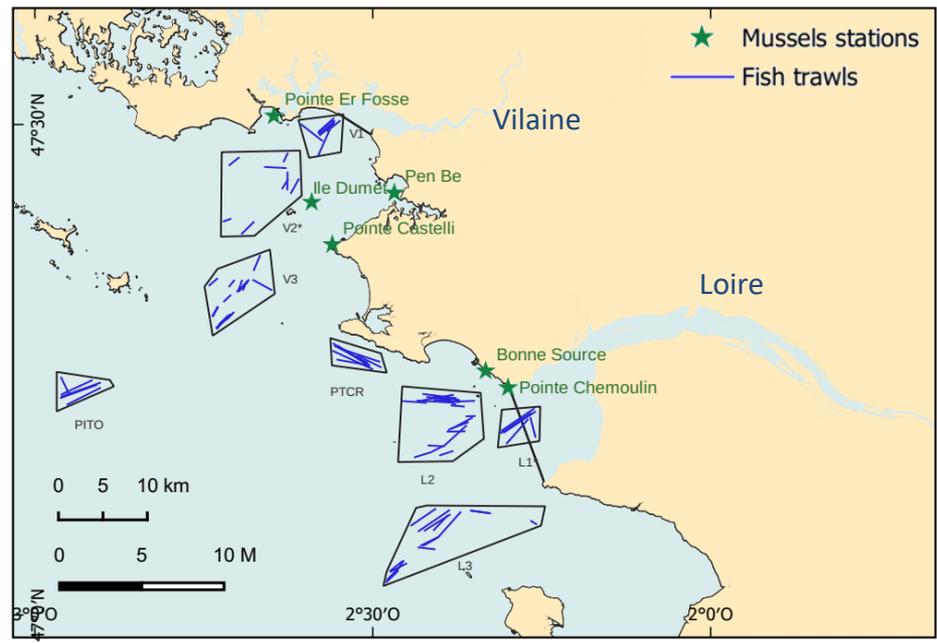


# Stratégie de surveillance

## Baie de Seine



## Baie de Loire Vilaine



Espèces		Seine	Loire Vilaine
	Moule <i>Mytilus edulis</i>	6 stations	6 stations
	Sole <i>Solea solea</i>	4 stations	8 stations
	Limande <i>Limanda limanda</i>	2 stations: S3/4, S6	0
	Flet <i>Platichthys flesus</i>	2 stations: S1, S5	0

# Stratégie de surveillance

## Mesures de biomarqueurs à différents niveaux

### ∞ Stress général :

*Stabilité de la membrane lysosomale*

### ∞ Neurotoxicité :

*Activité de AChE*

### ∞ Genotoxicité :

*Cassures de brins de l'ADN (Comet)*

*Micronoyaux*

### ∞ Exposition aux HAP chez les poissons :

*Hydroxy métabolites de HAP*

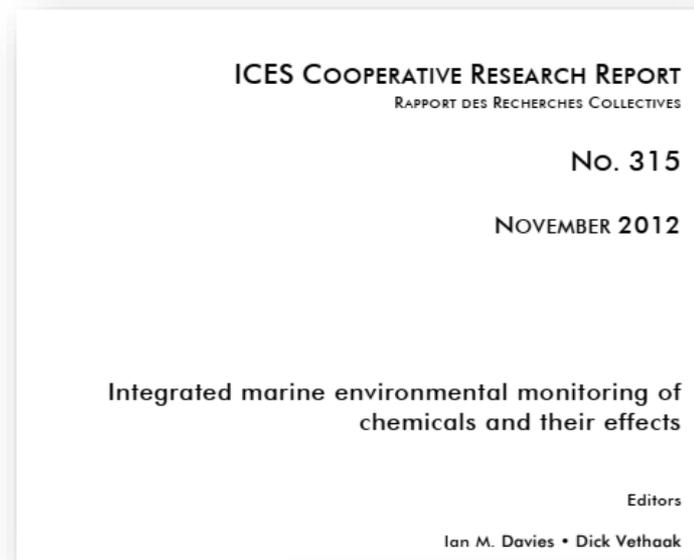
### ∞ Reprotoxicité :

*Intersex*

### ∞ Pathologies intégrées :

*Histopathologies*

Non intégrées dans l'évaluation 2022



# Outils d'interprétation

Seuils

&

Limites de classes

# Outils d'interprétation

Bon



Mauvais

# Outils d'interprétation

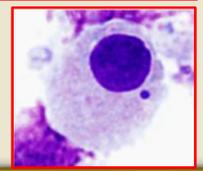
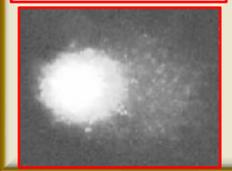
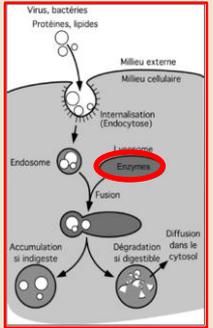
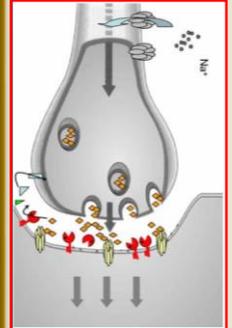
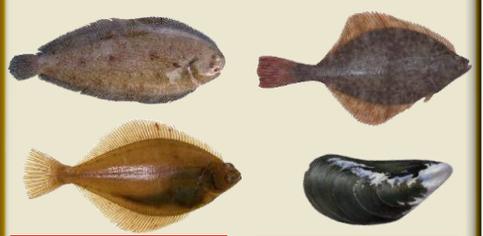
Bon



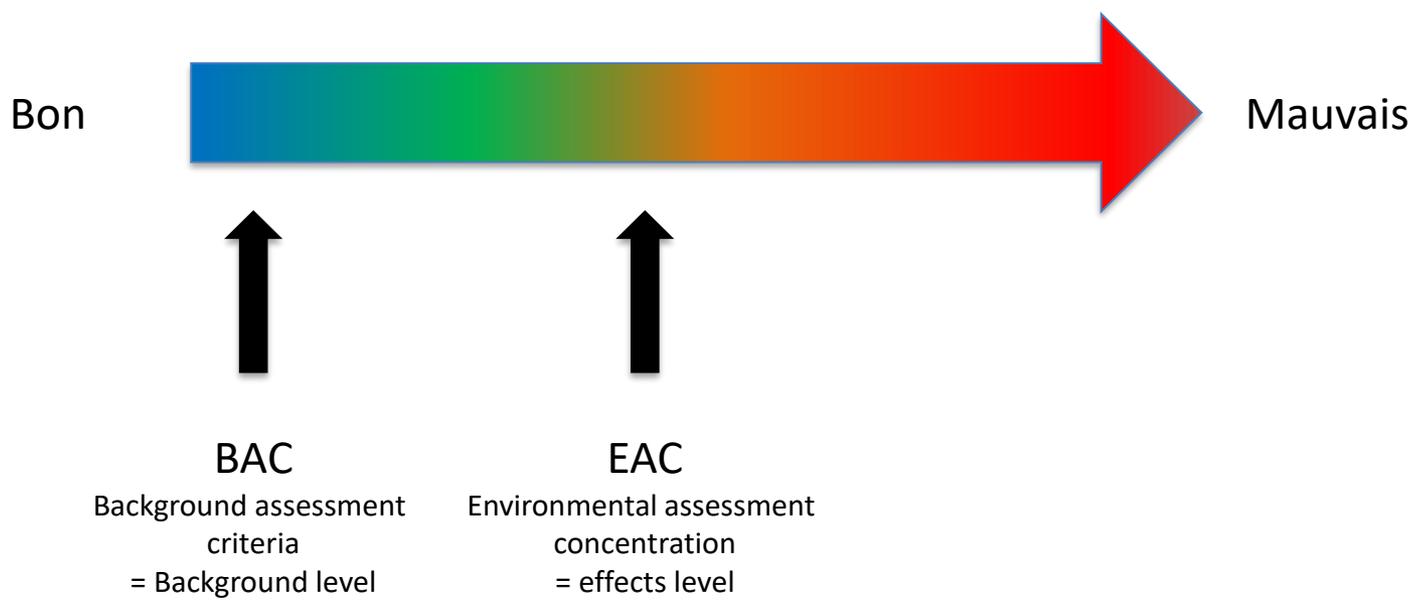
Mauvais

=> Mesures individuelles de biomarqueurs chez les poissons et les moules

## Biomarkers on species Individual data



# Outils d'interprétation



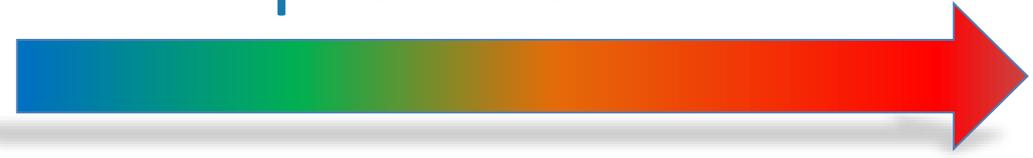
Biomarqueur	Unité	Espèces	BAC	EAC
LMS	Min	Toutes	20	10
AChE	nmol/min/m g prot	Limande	150	105
		Flet	235	165
		Moule	30	21
Comet	%	Moule	10	-
		Poisson	-	-
Miconoyaux	‰	Limande	0.5	-
		Flet	0.3	-
		Moule	2.5	-
OH-Pyr	ng/g bile	Poisson	16 (Dab)	483 (Cod)
OH-Phe	ng/g bile	Poisson	3.7 (Dab)	528 (Cod)

## Manques

- EAC pour génotoxicité
- Seuils pour différents couples biomarqueur\*espèce (e.g. pour sole)

# Outils d'interprétation

Bon



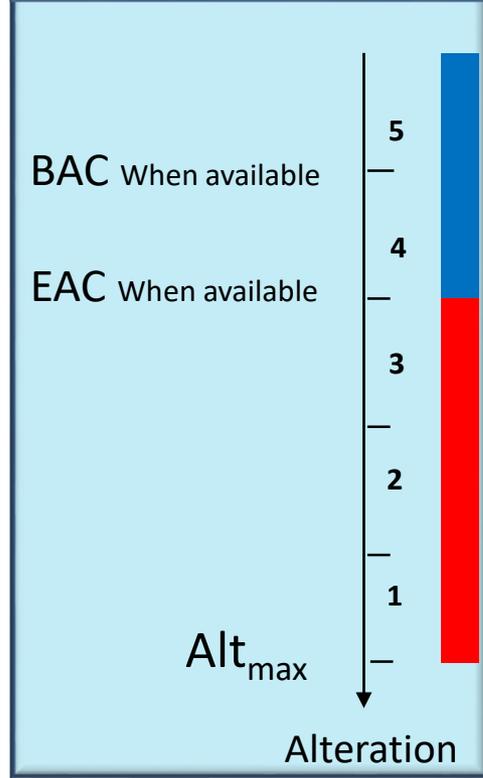
Mauvais

=> Cinq catégories => note globale pour chaque couple espèce\*biomarqueur

## Note Biomarker-station

### Biomarkers on species Individual data

### Biomarker \* Species \* Station



# Outils d'interprétation

Bon



Mauvais

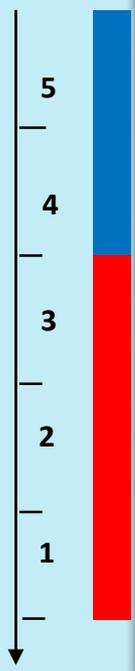
=> Cinq catégories => note globale pour chaque couple espèce\*biomarqueur

## Note Biomarker-station

Biomarker \* Species \* Station

BAC When available

EAC When available



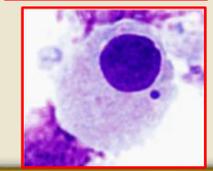
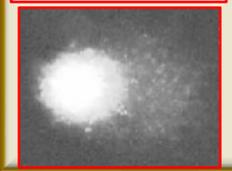
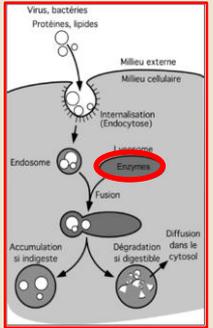
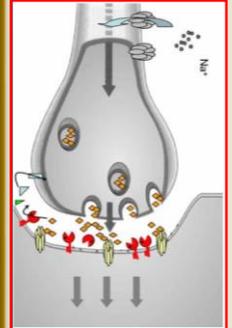
Alt<sub>max</sub>

Alteration

=> Alt<sub>max</sub> = valeur d'altération maximale réaliste et pragmatique, basée sur :

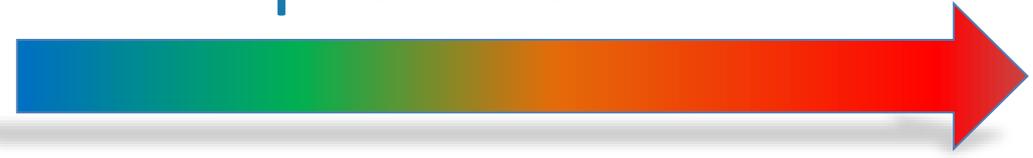
- Bibliographie
- Avis d'expert
- Données disponibles

### Biomarkers on species Individual data



# Outils d'interprétation

Bon



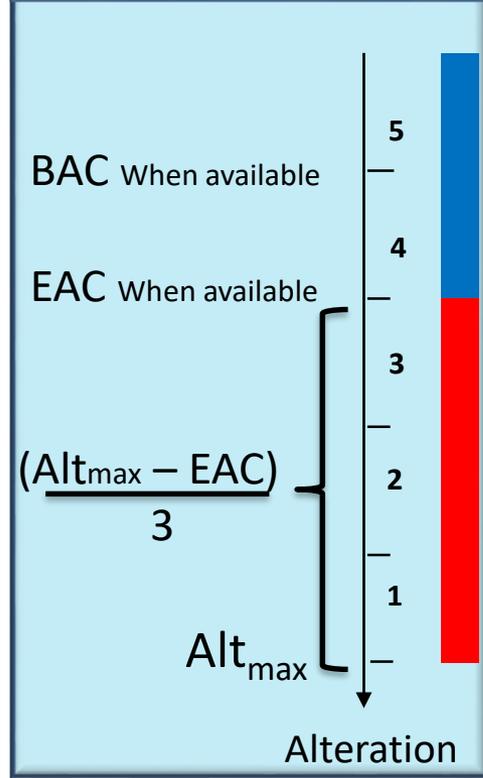
Mauvais

=> Cinq catégories => note globale pour chaque couple espèce\*biomarqueur

## Note Biomarker-station

### Biomarkers on species Individual data

### Biomarker \* Species \* Station



# Outils d'interprétation

Bon



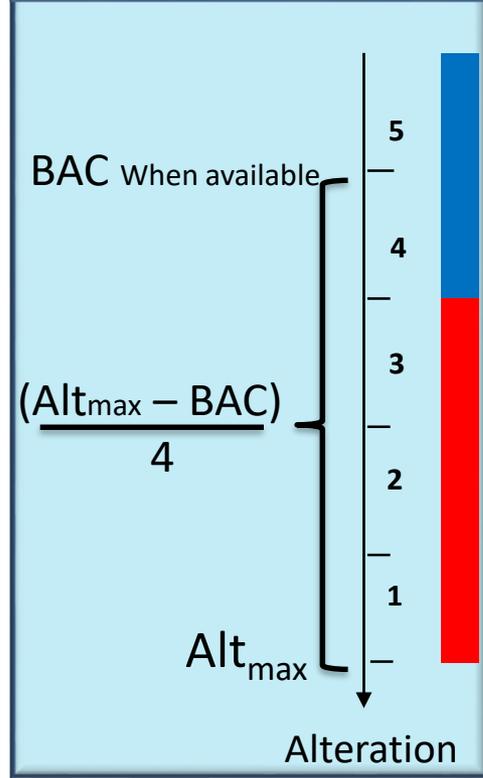
Mauvais

=> Cinq catégories => note globale pour chaque couple espèce\*biomarqueur

## Note Biomarker-station

### Biomarkers on species Individual data

### Biomarker \* Species \* Station



# Outils d'interprétation : exemple des poissons

Biomarqueur	Esp.	Limites de classes				Alt <sub>max</sub>	Poids final dans la note
		5-4	4-3	3-2	2-1		
LMS	Poissons	20	10			2	1
AChE	Sole/Lim.	150	105			10	1
	Flet	235	165			10	1
Comet	Poissons					43	1
MN	Sole					3.8	1
	Limande	0.5					1
	Flet	0.3					1
OH-Pyr	Poissons	16	483			4000	0.5
OH-Phe	Poissons	3.7	528			4000	0.5

Vert : ICES BAC et EAC

Violet : Alt max depuis le dire d'expert

Orange : Alt max depuis la bibliographie

# Outils d'interprétation : exemple des poissons

Biomarqueur	Esp.	Limites de classes				Alt <sub>max</sub>	Poids final dans la note
		5-4	4-3	3-2	2-1		
LMS	Poissons	20	10	7,3	4,7	2	1
AChE	Sole/Lim.	150	105	48	22	10	1
	Flet	235	165	65	25	10	1
Comet	Poissons	19	25	31	37	43	1
MN	Sole	0.4	1.3	2.1	3.0	3.8	1
	Limande	0.5	1.3	2.2	3.0		1
	Flet	0.3	1.2	2.1	2.9		1
OH-Pyr	Poissons	16	483	1000	2000	4000	0.5
OH-Phe	Poissons	3.7	528	1000	2000	4000	0.5

Vert : ICES BAC et EAC

Violet : Alt max depuis le dire d'expert

Orange : Alt max depuis la bibliographie

# Outils d'interprétation

Bon



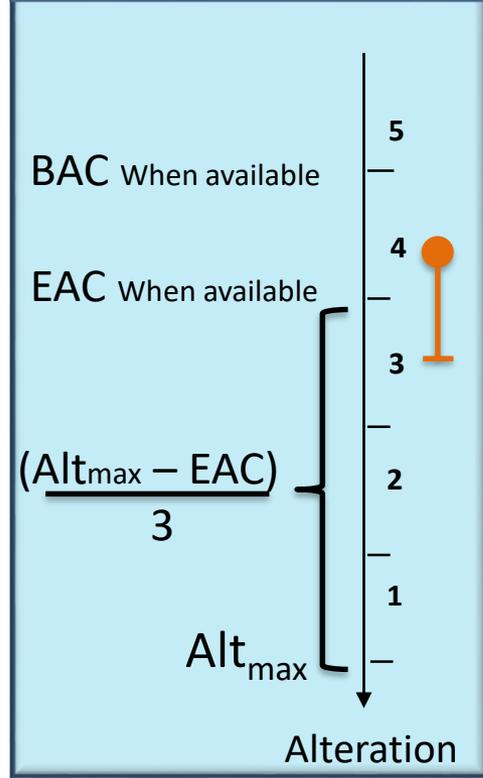
Mauvais

=> Cinq catégories => note globale pour chaque couple espèce\*biomarqueur

## Note Biomarker-station

### Biomarkers on species Individual data

### Biomarker \* Species \* Station



# Outils d'interprétation

Bon



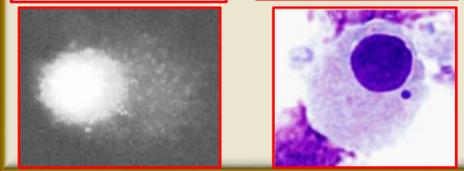
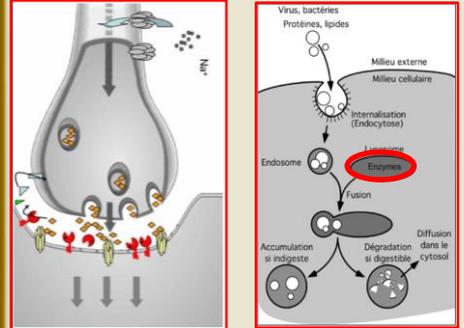
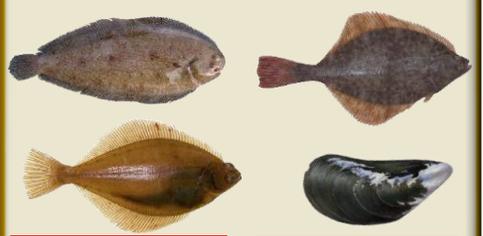
Mauvais

Moyenne

Note Biomarker-station

Note Species-station

**Biomarkers on species**  
Individual data



**Biomarker \* Species \***  
**Station**

BAC When available

EAC When available

$$\frac{Alt_{max} - EAC}{3}$$

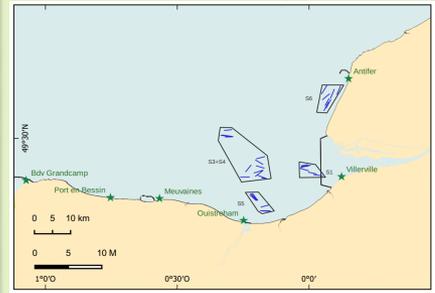
Alt<sub>max</sub>

Alteration

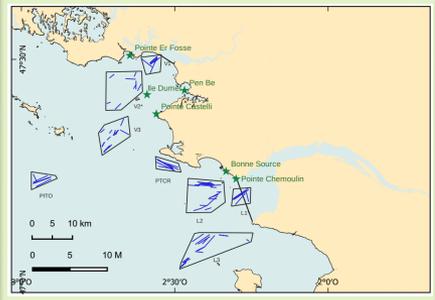


**Biomk integration :**  
**Species \* Station**

Seine bay



Loire bay



# Outils d'interprétation

Bon



Mauvais

Moyenne

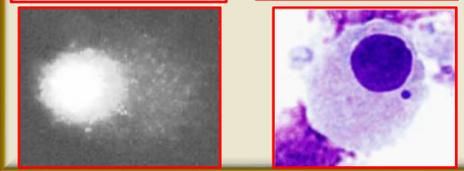
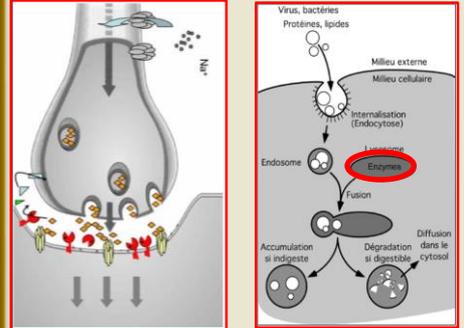
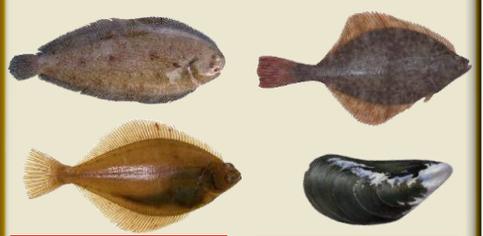
Moyenne

Note Biomarker-station

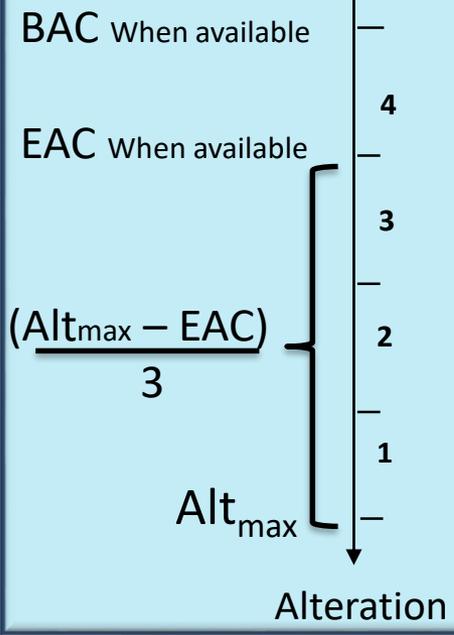
Note Species-station

Note Species-area

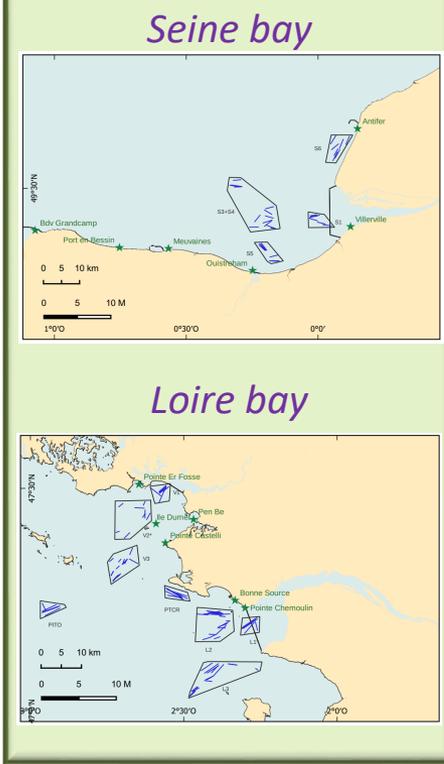
**Biomarkers on species**  
Individual data



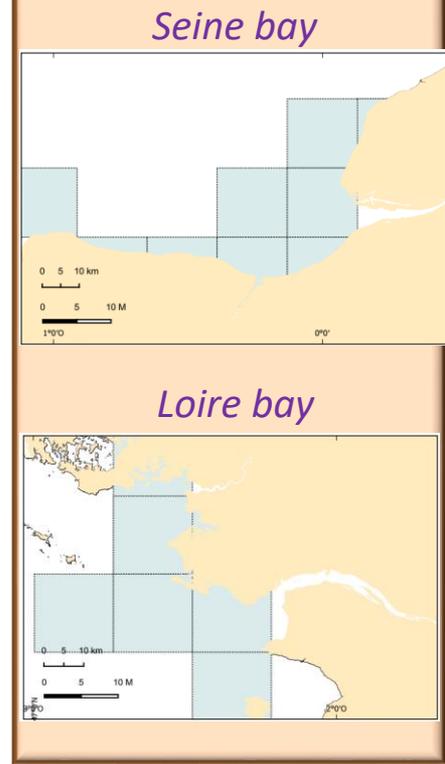
**Biomarker \* Species \***  
**Station**



**Biomk integration :**  
**Species \* Station**



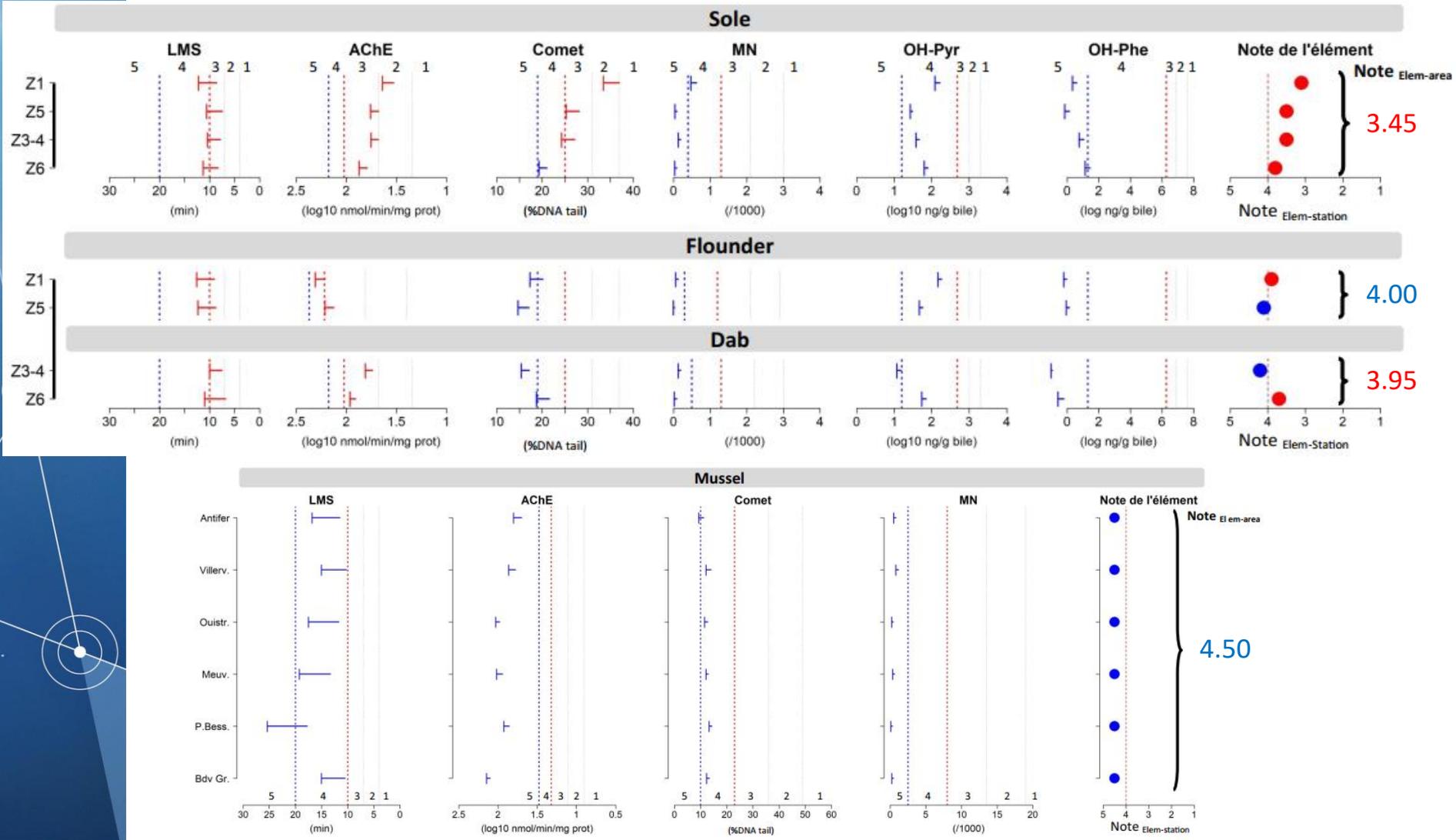
**Spatial aggregation**  
**Species \* Area**



# Evaluation de l'atteinte du BEE

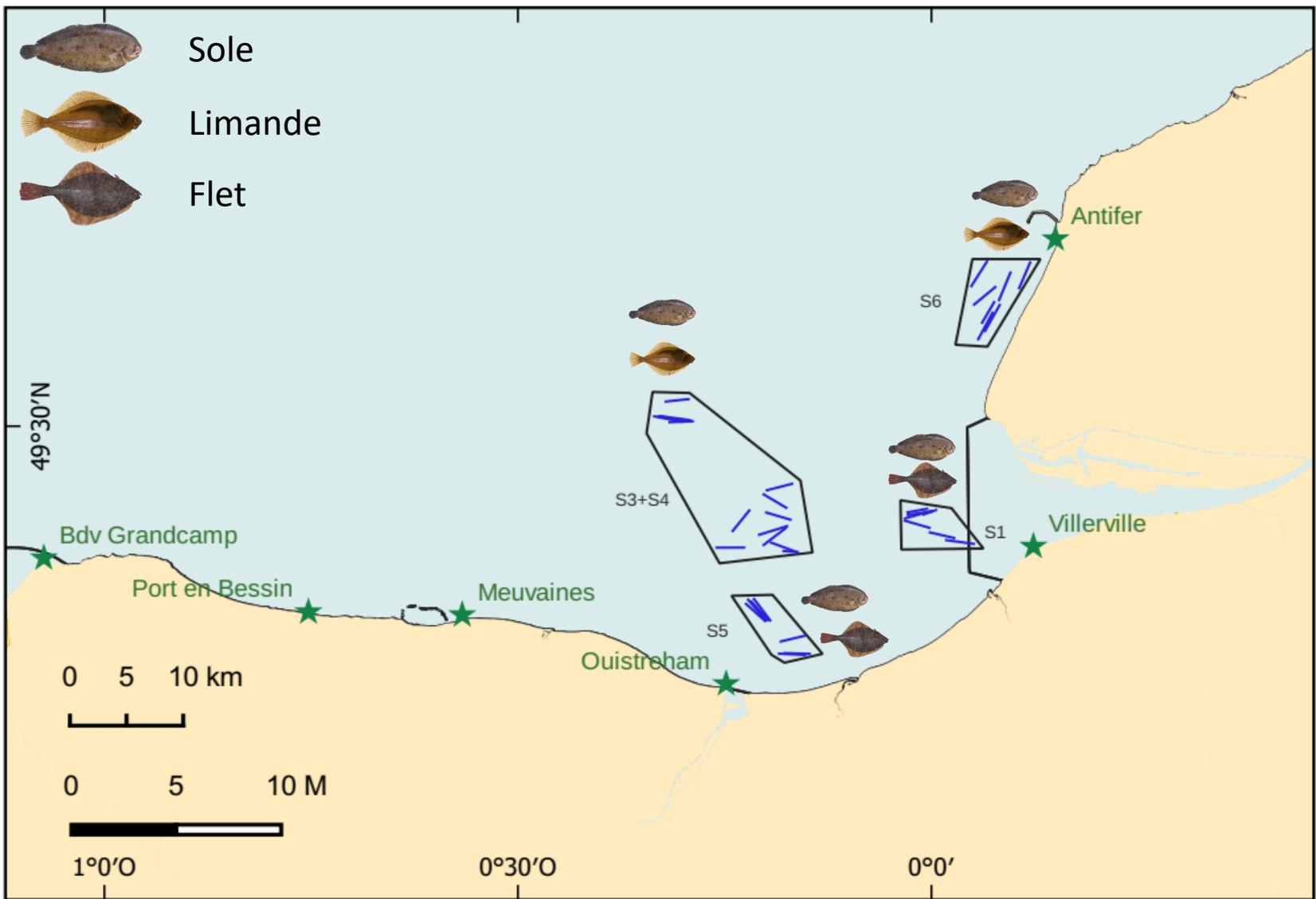
Résultats :  
Indicateurs intégrés

# Evaluation du BEE : Baie de Seine

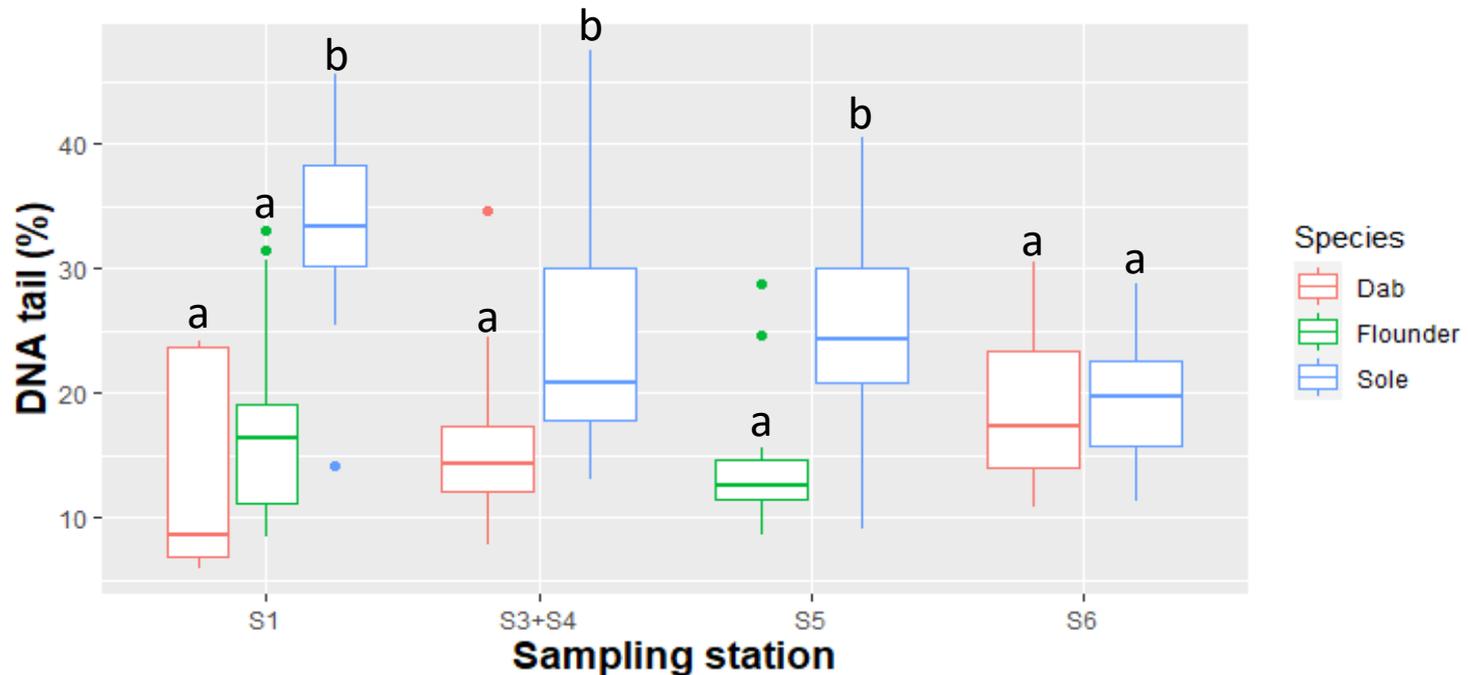


- ∞ Flet et Limande => 1 station BEE / 1 station non BEE
- ∞ Sole : Non atteinte du BEE : LMS, AChE, Comet
- ∞ Moules : Tout en BEE

# Différences entre espèces



# Différences entre espèces de poissons

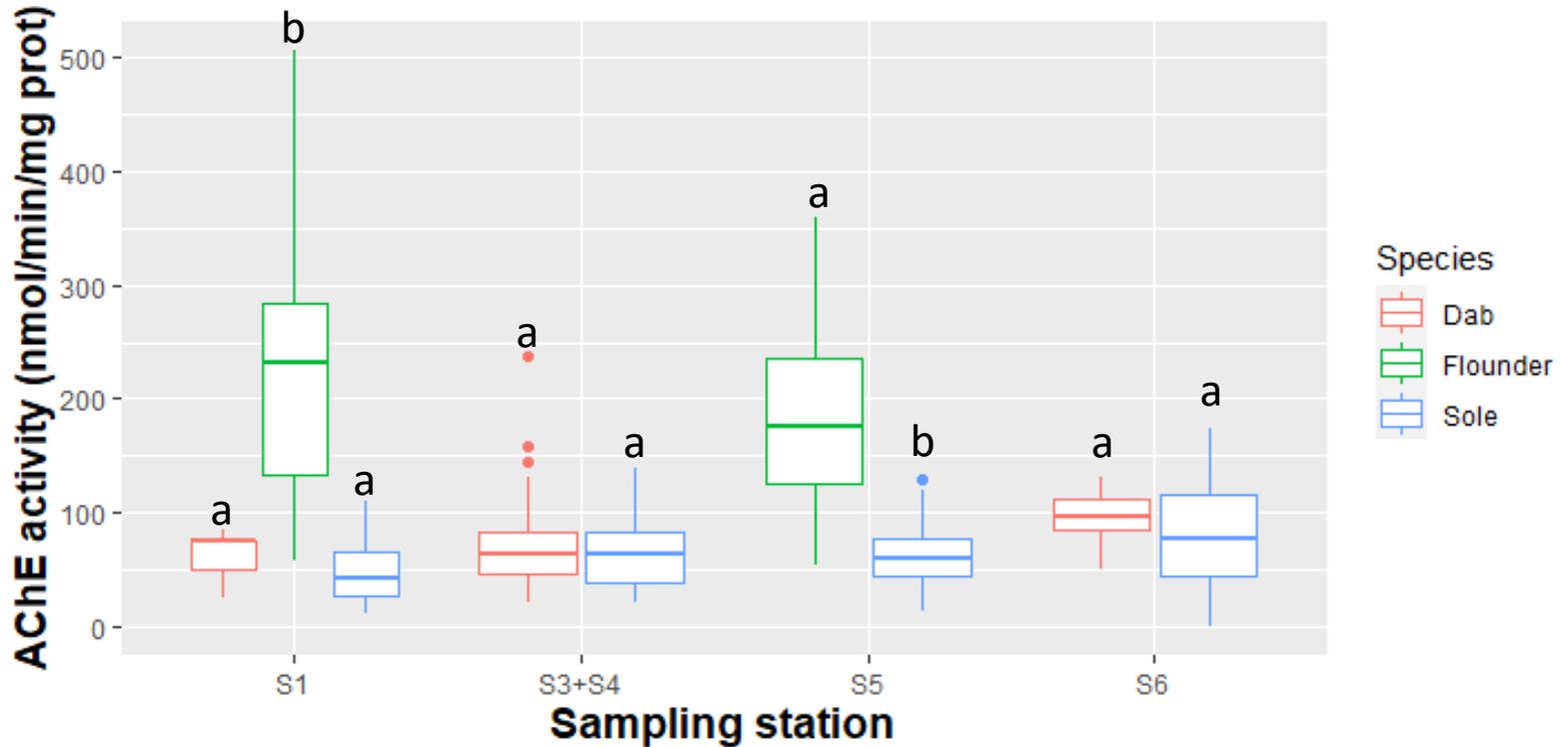


Letters : differences between species for each station (ANOVA, followed by Tukey test  $p < 0,05$ )

## Comet plus élevé chez la sole

- ⇒ Sensibilité/niveau de base plus élevé(e)?
- ⇒ Besoin de seuils/ $Alt_{max}$  spécifiques

# Différences entre espèces de poissons



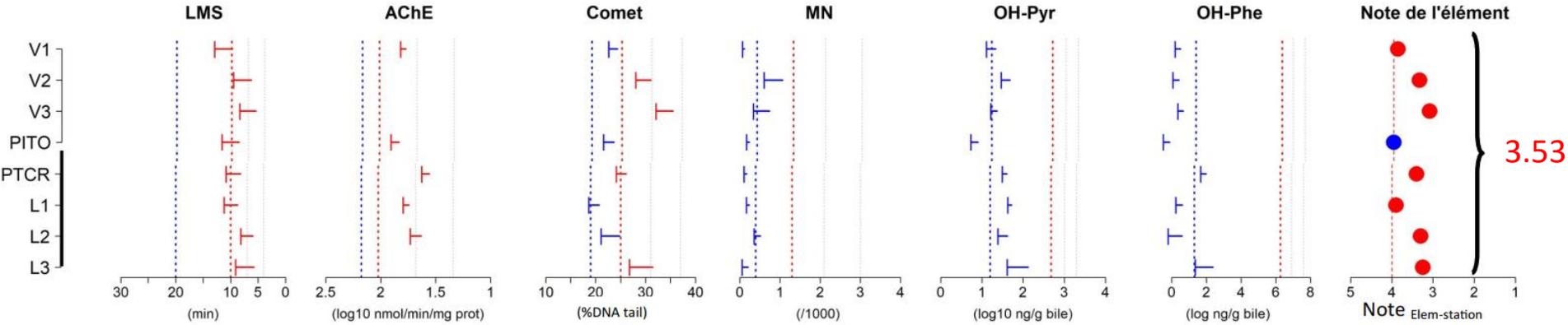
Letters : differences between species for each station (ANOVA, followed by Tukey test  $p < 0,05$ )

Niveau AChE plus élevé chez le flet

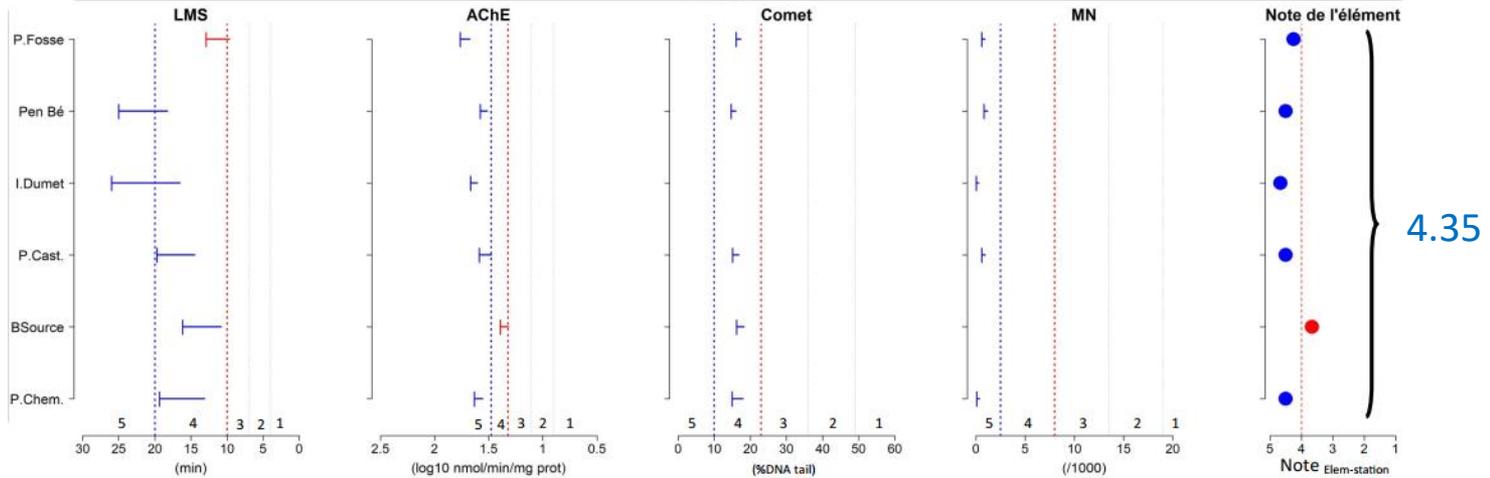
⇒ Sensibilité/niveau de base plus faible?

⇒ Besoin de seuils/ $Alt_{max}$  spécifiques

## Sole



## Moules



∞ Sole : 1/8 station (large) en BEE (LMS, AChE, Comet)

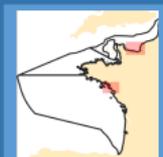
∞ Moule : 5/6 station en BEE (AChE déclassant 1/6)

## Deux fiches « indicateurs candidats »

### « Etat de santé des poissons - Région marine Manche-Atlantique »



© Olivier Dugornay,  
Ifremer



#### Descripteur *D8- Contaminants*

Critère *D8C2 - Effets des contaminants sur les espèces et les habitats (critère secondaire d'impact)*

Attributs : Toutes les espèces marines

Evaluation DCSMM BEE : cycle 3

Période d'évaluation : 2016-2021

Zones d'évaluation : France (FR) ; Région Manche Atlantique

2 Sous-Régions Marines (SRM) : « Manche-Mer du Nord & Golfe de Gascogne »

Document de référence [rempli par coord](#)

Thèmes INSPIRE « Installations de suivi environnemental »

Pays contributeurs : France, FR

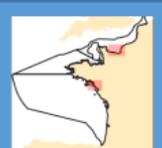
Citation : [rempli par coord](#)



### « Etat de santé des bivalves - Région marine Manche-Atlantique »



© Olivier Dugornay,  
Ifremer



#### Descripteur *D8- Contaminants*

Critère *D8C2 - Effets des contaminants sur les espèces et les habitats (critère secondaire d'impact)*

Attributs : Toutes les espèces marines

Evaluation DCSMM BEE : cycle 3

Période d'évaluation : 2016-2021

Zones d'évaluation : France (FR) ; Région Manche Atlantique

2 Sous-Régions Marines (SRM) : « Manche-Mer du Nord & Golfe de Gascogne »

Document de référence [rempli par coord](#)

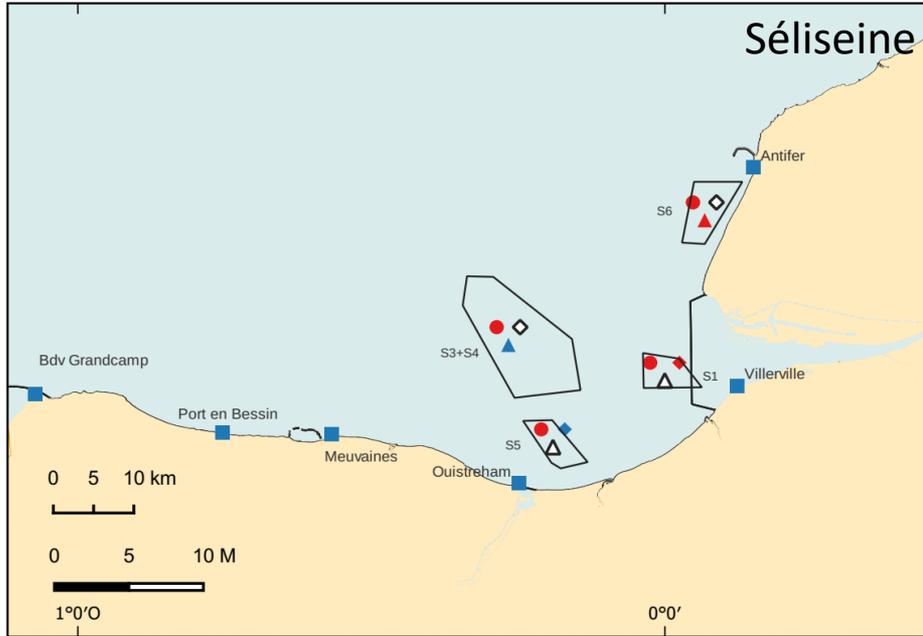
Thèmes INSPIRE « Installations de suivi environnemental »

Pays contributeurs : France, FR

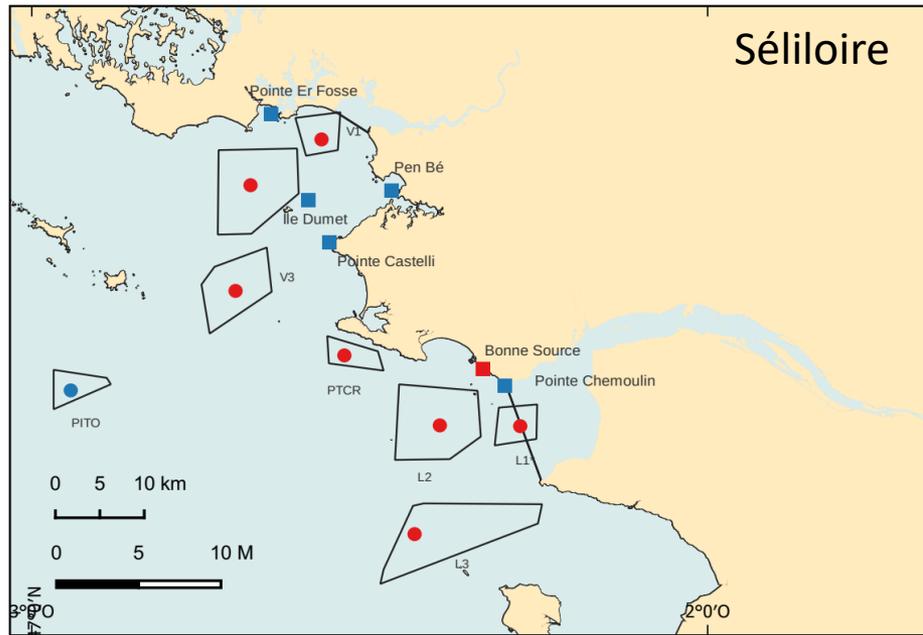
Citation : [rempli par coord](#)



# Evaluation du BEE : livrables DCSMM



- Sole GES
- Sole Not GES
- ◆ Flounder GES
- ◆ Flounder Not GES
- ◇ Flounder not assessed
- ▲ Dab GES
- ▲ Dab Not GES
- △ Dab not assessed
- Mussel GES
- Mussel Not GES



## Approche Chimie-biologie basée sur Vethaak et al., 2015

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

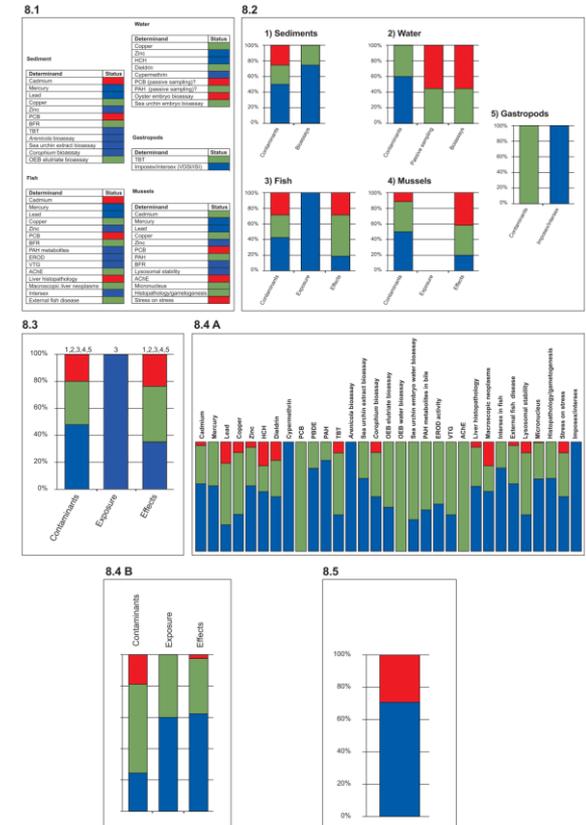
**Marine Environmental Research**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/marenv](http://www.elsevier.com/locate/marenv)

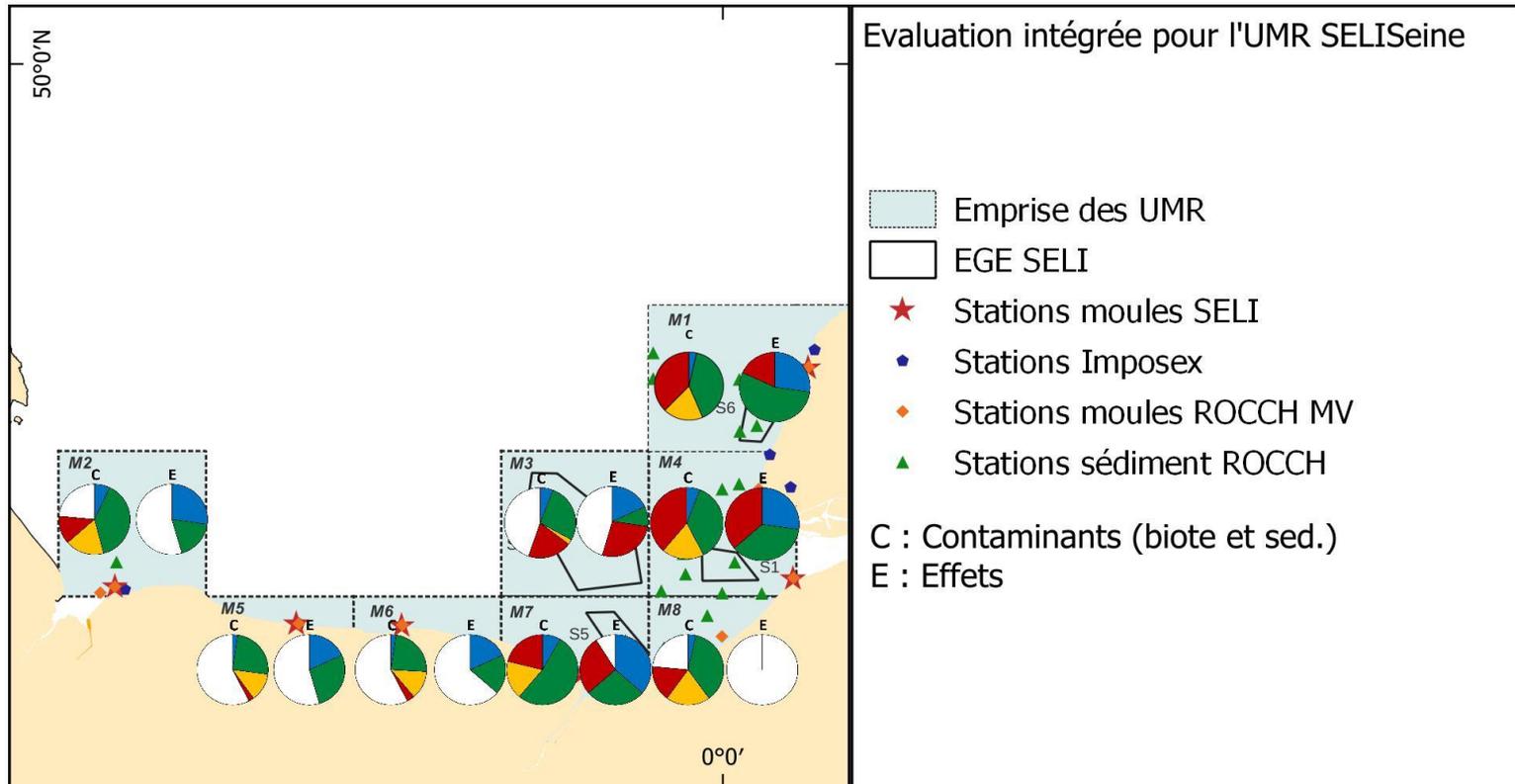
Integrated indicator framework and methodology for monitoring and assessment of hazardous substances and their effects in the marine environment

A. Dick Vethaak <sup>a, b, \*</sup>, Ian M. Davies <sup>c</sup>, John E. Thain <sup>d</sup>, Matthew J. Gubbins <sup>c</sup>, Concepción Martínez-Gómez <sup>e</sup>, Craig D. Robinson <sup>c</sup>, Colin F. Moffat <sup>c</sup>, Thierry Burgeot <sup>f</sup>, Thomas Maes <sup>j</sup>, Werner Wosniok <sup>h</sup>, Michelle Giltrap <sup>g</sup>, Thomas Lang <sup>i</sup>, Ketil Hylland <sup>k</sup>

- Intégration résultats écotoxicologiques SELI Poissons + moules + Imposex
- Intégration résultats contaminants chimiques => Représentation par maille géographique



# Evaluation du BEE : Intégration & QSR Oskar



Couleur	<BAC	<EAC	Tendance
Bleu	Oui	Pas d'EAC	Diminution, non signif., pas de tendance
	Oui	Oui	Diminution, non signif., pas de tendance
Vert	Pas de BAC	Oui	Diminution, non signif., pas de tendance
	Non	Pas d'EAC	Diminution, non signif., pas de tendance
Orange	Oui	Oui	Augmentation
	Non	Oui	Augmentation
	Oui	Pas d'EAC	Augmentation
	Non	Pas d'EAC	Augmentation
	Pas de BAC	Oui	Augmentation
Rouge	Non	Non	Diminution, non signif., pas de tendance
	Non	Non	Augmentation
	Pas de BAC	Pas d'EAC	Augmentation
Blanc	Pas de BAC	Pas d'EAC	Diminution, non signif., pas de tendance
	Pas de données		

=> Mailles en sortie d'estuaire les plus impactées

# Conclusions

## Seine

Genotoxicité chez la sole

Stress général et neurotoxocité chez la sole, la limande et le flet (moins impacté)

Aucun dépassement de seuil chez la moule

=> BEE atteint pour le flet et la moule ; Non atteint pour la sole et la limande

Différences de réponse des biomarqueurs entre les espèces de poissons plats

=> Sensibilité des espèces?

# Conclusions

## Seine

Genotoxicité chez la sole

Stress général et neurotoxocité chez la sole, la limande et le flet (moins impacté)

Aucun dépassement de seuil chez la moule

=> BEE atteint pour le flet et la moule ; Non atteint pour la sole et la limande

Différences de réponse des biomarqueurs entre les espèces de poissons plats

=> Sensibilité des espèces?

## Loire

Stress général et neurotoxicité chez la sole

BEE pour la station la plus au large

Peu de dépassements de seuils pour la moule

=> BEE atteint pour la moule; Non atteint pour la sole

# Perspectives

⇒ Renforcer la surveillance

⇒ Chimique : concentrations en contaminants dans les différentes matrices

⇒ Ecotoxicologique chez les poissons

⇒ Surveillance long terme et analyse des tendances temporelles

⇒ Améliorer la représentativité : révision de la stratégie spatiale

⇒ Etudier les différences entre espèces pour les réponses écotoxicologiques

⇒ Acquérir des données pour le développement de seuils et valeurs  $Alt_{max}$  spécifiques

⇒ Interpréter des biomarqueurs plus globaux (pathologies, intersex,...)

⇒ Considérer de nouveaux biomarqueurs émergents



Merci...