



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# **Clôture de l'Appel à projets franco-québécois dans le secteur maritime**

10 septembre 2024



# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

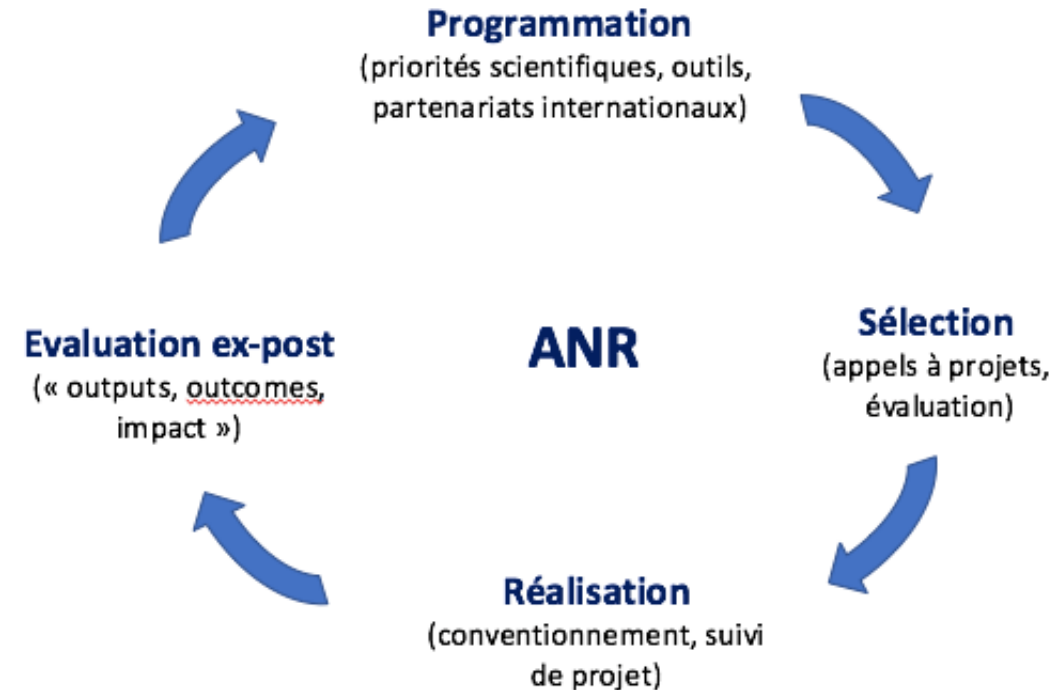
## Mots de bienvenue

*Janice Bailey, Vice-présidente Recherche, Direction scientifique du secteur Nature et technologies, FRQ*

*Dominique Dunon-Bluteau, Directeur des opérations scientifiques, ANR*

# Les missions de l'ANR et leur mise en œuvre

- **Financer et promouvoir le développement des recherches fondamentales et finalisées, l'innovation technique et le transfert de technologie** ainsi que le partenariat entre le secteur public et le secteur privé
- **Mettre en œuvre la programmation arrêtée par le ministère** chargé de la recherche
- **Gérer de grands programmes d'investissement de l'Etat** dans le champ de l'enseignement supérieur et de la recherche
- Renforcer les coopérations scientifiques au plan européen et international
- **Analyser l'évolution de l'offre de recherche et mesurer l'impact** des financements alloués par l'agence sur la production scientifique nationale



# Orientation stratégiques 2021-2025

---

## 1) Soutenir la recherche dans toutes ses dimensions

Plan d'action – France 2030/PIA (investissements d'avenir)

Augmentation taux de sélection, renforcer l'articulation entre recherche & innovation, réponses spécifiques

## 2) Renforcer les partenariats au niveau national

Autres agences de financements (Ademe, ANRS, Anses), Agence d'innovation de défense, BPIFrance, Régions...

## 3) Favoriser les coopérations européennes & internationales

Capacité d'influence, soutenir les partenariats stratégiques, renforcer la participation des équipes françaises dans les projets européens

## 4) Promouvoir une conduite responsable de la recherche

Intégrité scientifique, science ouverte, égalité femmes-hommes, diffusion de la culture scientifique, recherches participatives, objectifs du développement durable, protection du patrimoine scientifique & technologique

## 5) Renforcer le suivi des projets & l'évaluation ex-post

Animation scientifique, collecte et analyse des données, soutien aux politiques publiques

## 6) Optimiser notre fonctionnement au service de la recherche et des bénéficiaires

Maîtrise des risques, dématérialisation, simplifications

# L'appel France/Québec dans le secteur maritime : contexte

---

- Les milieux océaniques représentent 70 % de la surface du globe
- Rôle primordial pour de multiples enjeux socio-économico-environnementaux
  - Régulation du climat : par ex. absorption de près de 30% des dégagements de CO<sub>2</sub> ; production de plus de la moitié de l'oxygène de la terre.
  - Plus de la moitié des espèces vivantes sur la Terre sont des espèces marines
  - Ecosystèmes remarquables jusqu'au plus profond des océans
  - A la base de nombreux secteurs économiques : transport maritime, pêcheries, source/production d'énergie, tourisme

# L'appel France/Québec dans le secteur maritime : genèse

## Entente entre le gouvernement du Québec et le gouvernement de la république française sur la coopération dans le domaine maritime

- 14 octobre 2016 , Québec
- Mise en place de l'Institut France Québec pour la coopération scientifique en appui au secteur Maritime (IFQM)



## 20e Rencontre alternée des Premiers ministres du Québec et de la République française

## Déclarations d'intention commune entre les Secrétariat aux affaires maritimes & Secrétaire général de la France

- 8 mars 2018, Paris

## Déclarations d'intention commune entre les Fonds de recherche du Québec (FRQ) & Agence Nationale de la Recherche (ANR)

- 8 mars 2018, Paris



## Appel à projets Franco-Québécois dans le secteur maritime

- Lancement janvier 2019

# Opportunités futures

---

- **Futur très proche**

- Valorisation des résultats de vos projets via nos moyens de communication : merci par avance de continuer à nous informer
- Valorisation de vos résultats lors de la conférence scientifique précédent l'UNOC3 « [One Ocean Science Congress](#) » (OOS, 5-7 juin 2025, Nice, France)

- **Opportunités de poursuivre les collaborations**

- Au sein des appels de l'ANR et des FRQ
- [Belmont Forum](#) : Appel à projets transnationaux & transdisciplinaires en préparation "Towards scenarios on the global ocean by 2050: the roles and places for biodiversity in future socio-ecosystems" (lancement – sous réserve d'approbation - Juin 2025)
- **Programme cadre Horizon Europe** : Le Canada est maintenant un pays associé donc les chercheurs du Québec peuvent participer aux appels par ex. Partenariats [Bodiversa+](#) & [Sustainable Blue Economy](#) (SBEP)

# The Fonds de recherche du Québec (FRQ)

**Soutenir et promouvoir l'excellence de la recherche et la formation de la relève afin de stimuler le développement de connaissances et l'innovation**

Scientifique en chef du Québec  
**Rémi Quirion**



Conseille le gouvernement du Québec quant au développement de la recherche et de la science, promouvoir la diplomatie scientifique internationale, favoriser la culture scientifique au sein de la société

Secteur NT  
**Janice Bailey**



Sciences naturelles,  
mathématiques et  
génie

Secteur Santé  
**Carole Jabet**



Sciences de la  
santé

Secteur SC  
**Louise Poissant**



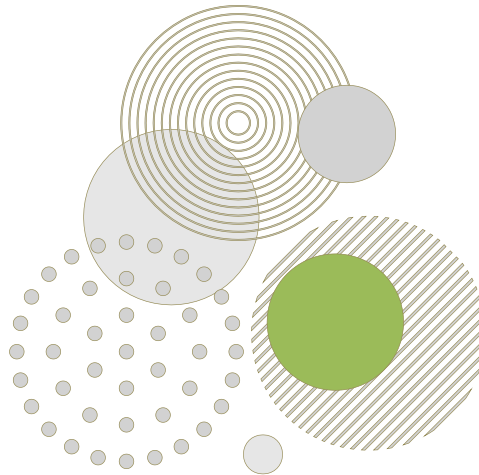
Sciences sociales et  
humaines, arts et  
lettres

Direction des grands défis de société

Planification et performance  
Finances  
Ressources humaines  
Communication et mobilisation des  
connaissances  
Éthique et affaires juridiques  
Technologies de l'information

# Priorités pour le FRQ

1. Soutenir la formation de la future génération, diversifiée et excellente
2. Soutenir la recherche à la découverte qui propulse le cycle d'innovation
3. Répondre aux grands défis de société
4. Développer des collaborations stratégiques hors-Québec
5. Faire évoluer les pratiques de recherche



# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

Cet appel visait à améliorer la compréhension de l'impact des activités humaines, combinées à la variabilité naturelle des océans, sur la durabilité du continuum océan-zones côtières-fleuve et sur ses services socio-économiques

5 projets de recherche ont été financés dans le cadre de cet appel (2020-2024)

## Objectifs de la rencontre

- 1) Présentation des résultats des projets par les chercheurs, suivie d'échanges et de retours d'expériences
- 2) Recevoir le retour des porteurs d'enjeux (collectivités locales, associations de protection de l'environnement, pêcheries, etc.) sur la recherche conduite et les résultats

# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime : Ordre du jour

| HEURE QC | HEURE PARIS | POINTS DE L'ORDRE DU JOUR   |
|----------|-------------|---|
| 8h30     | 14h30       | <b>Mots de bienvenue</b> , <i>Janice Bailey, Vice-présidente Recherche, Direction scientifique du secteur Nature et technologies, FRQ et Dominique Dunon-Bluteau, Directeur des opérations scientifiques, ANR</i> |
| 8h45     | 14h45       | <b><u>Arico</u></b> : Co-construction de scénarios d'Adaptation des territoires maritimes aux Risques COtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec                                  |
| 9h00     | 15h00       | <b><u>Cost to Coast</u></b> : Gestion maritime et côtière durable selon une approche intégrée combinant l'évaluation des services écosystémiques à une échelle territoriale et selon une perspective cycle de vie |
| 9h15     | 15h15       | <i>Questions/réponses - session 1</i>   |
| 9h40     | 15h40       | <b>PAUSE</b>  |
| 9h55     | 15h55       | <b><u>Auditif</u></b> : Impacts acoustiques du trafic maritime sur les moules et pectinidae du Golfe du Saint-Laurent   |
| 10h10    | 16h10       | <b><u>Emphase</u></b> : Effets indirects de l'activité Maritimo-Portuaire : Hydrodynamique Appliquée au transport Sédimentaire et à l'Environnement   |
| 10h25    | 16h25       | <b><u>PAINTS</u></b> : Nouveaux revêtements antifouling sans biocides: une transition vers l'éconavigation ?  |
| 10h40    | 16h40       | <i>Questions et réponses – session 2</i>  |
| 11h10    | 17h10       | <b>Mot de clôture</b> , <i>Vianney Pichereau et Dominique Robert, codirecteurs de l'Institut France-Québec maritime (IFQM)</i>  |

# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

Présentations des projets - session 1

ARICO

# Le projet ARICO, une approche partenariale pour renforcer l'adaptation aux risques côtiers dans un contexte de changements climatiques

## Principaux résultats et bilan



Guillaume MARIE et Catherine MEUR-FEREC (coord.)



Site internet : <https://arico.uqar.ca>



Co-construction de scénarios d'adaptation des territoires maritimes aux risques côtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec (*sept. 2020-sept. 2024*)

Le but du projet est de mieux appréhender et de **favoriser les capacités d'adaptation** des populations et des territoires soumis aux risques côtiers en **co-construisant**, avec les acteurs de la société, des **scénarios d'adaptation**

### **Spécificités du projet**

- International : échanges entre deux territoires, français et québécois
- Interdisciplinaire : échanges entre deux secteurs disciplinaires, sciences naturelles et sciences humaines et sociales
- Interprofessionnel : échanges entre plusieurs domaines de connaissances, celui des chercheurs et ceux des acteurs de la société (professionnel de la gestion, élus et habitants)

### Co-construction de Scénario d'Adaptation des territoires maritimes aux Risques Côtiers dans un contexte de Changements Climatiques - ARICO

**UBO** Université de Bretagne Occidentale

**amure**

**LETG**

**UQAR** Université du Québec à Rimouski

**Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières | UQAR**

**Département sociétés, territoires et développement**

**Elisabeth Guillou** Enseignant-Chercheur Psychologie sociale / Psychologie environnementale

**Manuelle Philippe** Ingénieure d'études

**Catherine Meur Ferec** Enseignant-Chercheur Géographie

**Pascal Bernatchez** Professeur, Géographie

**Steve Plante**, Professeur Développement régional

**André Mocaer** Ingénieur d'études

**Frédérique Alban** Enseignant-chercheur Économie

**Iwan Le Berre** Enseignant-Chercheur Géographie

**Guillaume Marie** Professeur Géographie

**Martin Laroche** Agent de recherche

**Alain Hénaff** Enseignant-Chercheur Géographie

**Susan Drejza** Agente de recherche

**Alice Charbonneau** Maitrise en développement régional

**Serge Suanez** Enseignant-Chercheur Géographie

**Julia Verdun** Agente de recherche

**Christian Fraser** Agent de recherche

**Philippe Deboudt** Professeur Géographie

**Hervé Flanquart** Professeur Sociologie

**Julie Delannoy** Doctorante co-tutelle

**Nathalie Girard** Agente de recherche

**Christelle Audouit** Ingénieure de recherche

**Caroline Rufin-Soler** Enseignant-Chercheur Géographie

**Brice Lesouef** Maitrise/Master

**Kassandra Croteau** Agente de recherche

**Adrienne Cyr** Maitrise en ATDR

**Laura Rousset** Ingénieur d'études

**Université de Laval**

**Geneviève Cloutier** Professeure Études Urbaines

**Université TÉLUQ**

**Sebastian Weissenberger** Professeur Sciences de l'environnement

**Jérôme Landry** Président du comité maritime Maire de Matane

**Université Québec**

**Caroline Pinonnault** Conseillère en sécurité civile Région Bas St Laurent

**Jean-Denis Bouchard** Conseiller en gestion des risques naturels

**Pays Bigouden Sud** COMMUNAUTÉ DE COMMUNES

**Eric Jousseume** Vice-président

**Benjamin Bulsson** Resp.pôle littoral et biodiversité

**Guillaume Esteva** Ch. Mission Submersion marine

**Monique Cassé** Directrice

**Juliette Herry** Ch. Mission climat et gestion intégrée du littoral

**Joachim Houbib** Ch. Mission vulnérabilité des habitations

**Parc naturel Agoué du Golfe du Morbihan**

**MRC de La Matanie**

**Olivier Banville** Directeur de l'Urbanisme

**Finistère** Penn-ar-Bed LE DÉPARTEMENT

**Vincent Ducros** Ch. Mission risques fluviaux et littoraux

**ANEL** Association Nationale des Estuaires du Littoral

**Jérôme Bignon**

**Ronan Pasco** Resp. pôle mer littoral

**Eric Côté** coordonnateur en environnement

**Jonathan Pothier** Chargé de projets

**Matane**

**Guillaume Jeanmoye** Directeur

**Étienne Bachand** Directeur adjoint

**Lorient** Agglomération

**Anne-Marie Favreau** Directrice Environnement

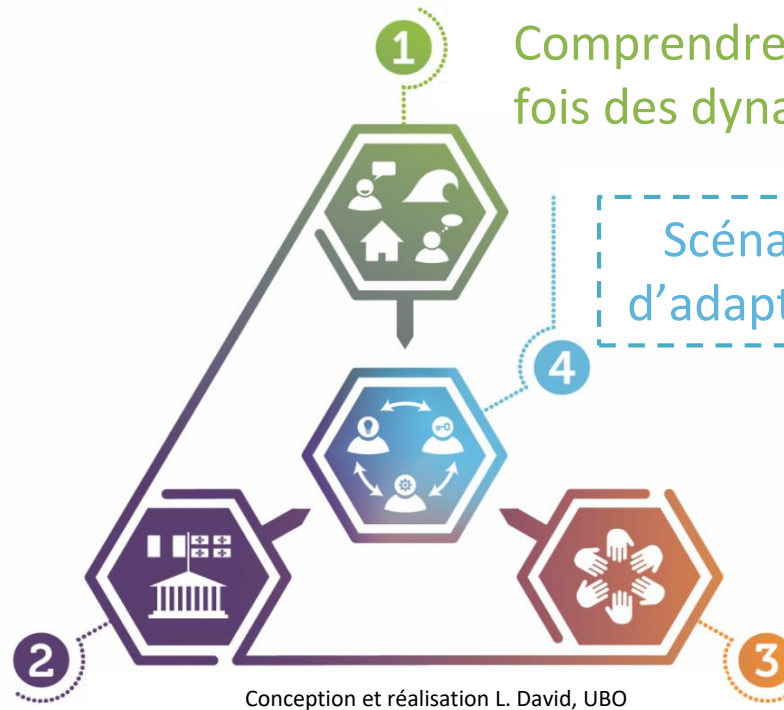
**Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire**

**Françoise Bruaux** Directrice

+ 23 étudiants-stagiaires de Licence/Baccalauréat et Master encadrés par l'équipe ARICO

## Un travail structuré en 4 lots de tâches

**Politiques publiques & dynamiques d'acteurs**  
Analyser les politiques publiques, la dynamique des acteurs et l'usage des outils de gestion dans les deux pays



### Vulnérabilité territoriale

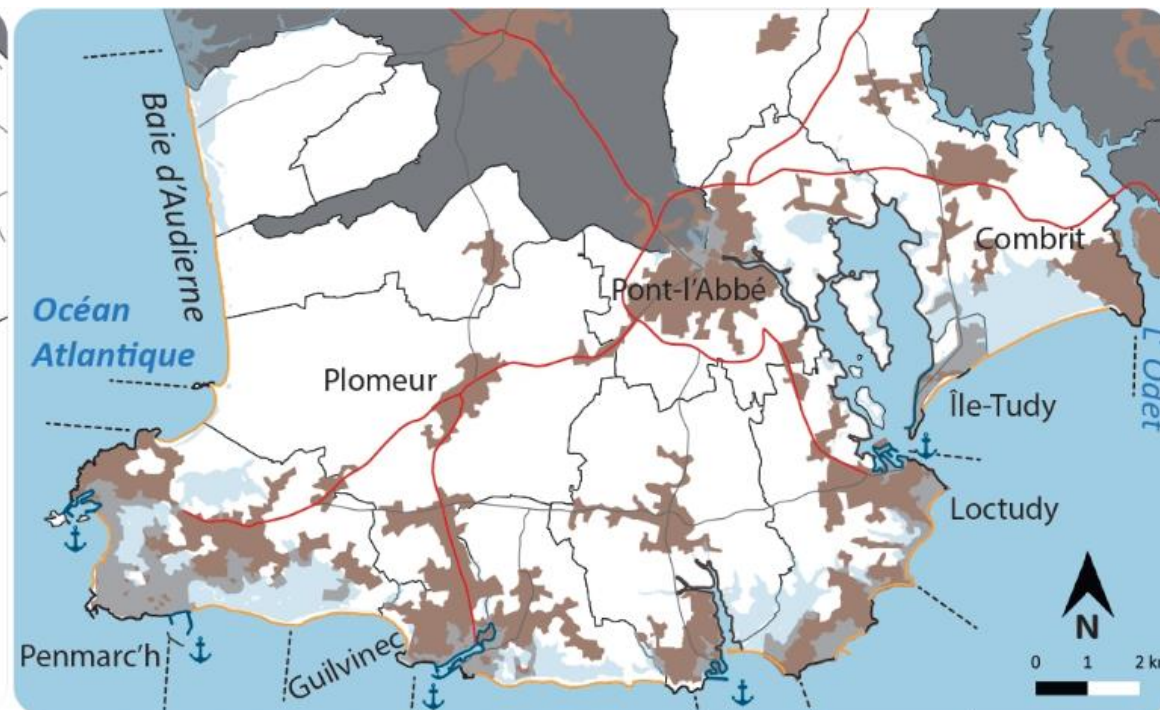
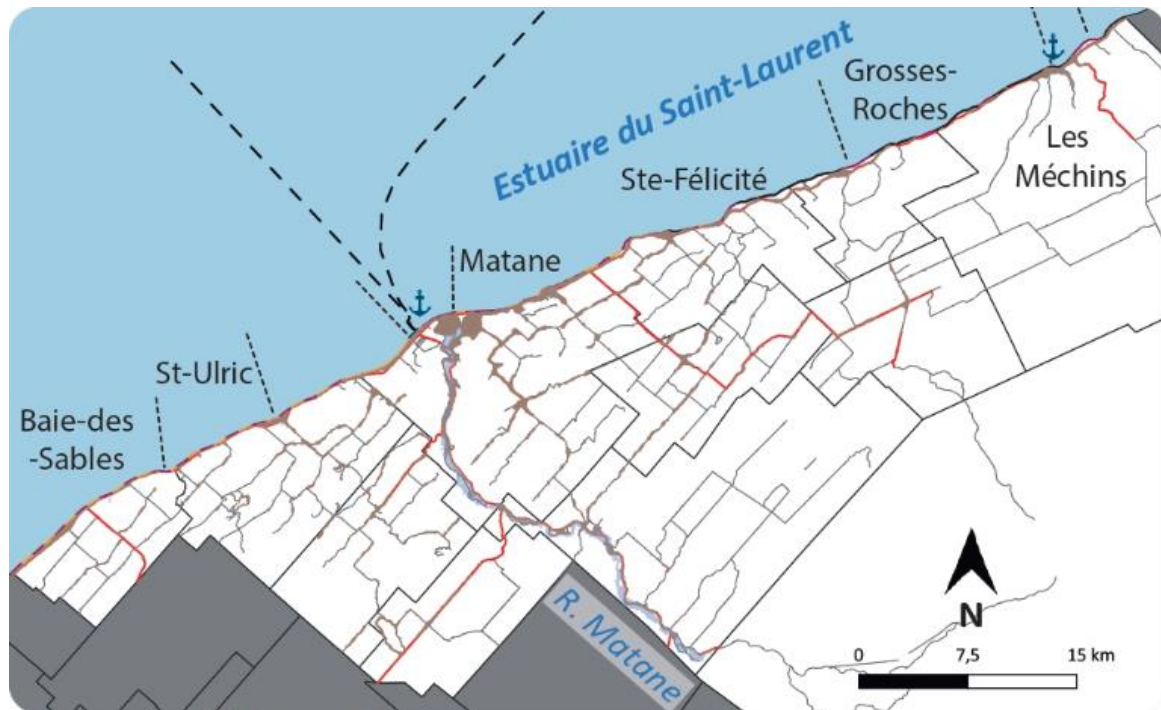
Comprendre la vulnérabilité globale par la connaissance à la fois des dynamiques naturelles et sociétales

Scénarios  
d'adaptation

### Adaptation des communautés côtières

Caractériser et analyser les capacités d'adaptation et de résilience des communautés côtières dans les deux territoires choisis

## Deux terrains ateliers



Côtes d'accumulation limno-sableuse

Côte d'accumulation adossée à une terrasse de plage

Falaise meuble (<20m)

Falaise rocheuse (<20m)



Côte artificialisée



Slikke (vasières)



Cellules hydro-sédimentaire



Ports



Tissu urbain



Zones basses /inondables

Routes :

— principales

— secondaires

- - - fero-maritime



## Des côtes basses concentrant des enjeux humains vulnérables :



Baie-des-Sables (LDGIZC,  
2017)



Penmarc'h, quartier de La Joie (M. Philippe,  
2022)

Des côtes soumises aux évènements météo-marins extrêmes :



2022  
Saint Guénolé – Penmarch, hiver 2013-14, vague de tempête (CCPBS)

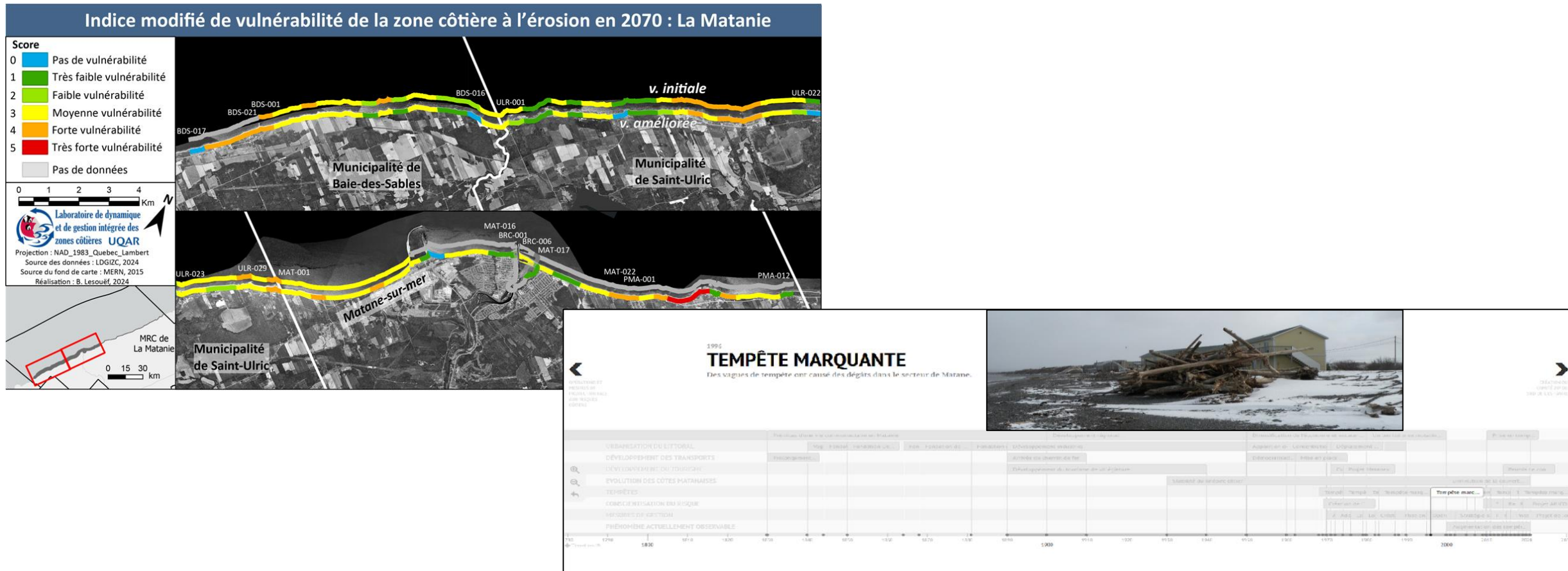


Matane-sur-Mer, après la tempête de janvier 2018 (LDGIZC)

# Principaux résultats

## (1) Une meilleure compréhension de la vulnérabilité systémique des territoires

- Indicateurs « bonifiés » / expériences françaises et québécoises (aléas, enjeux, gestion) testés sur les deux terrains ateliers
- Frises chronologiques retraçant l'histoire de l'occupation de ces territoires et les réponses qui ont été apportées au fur à et mesures des dommages causés par les aléas.

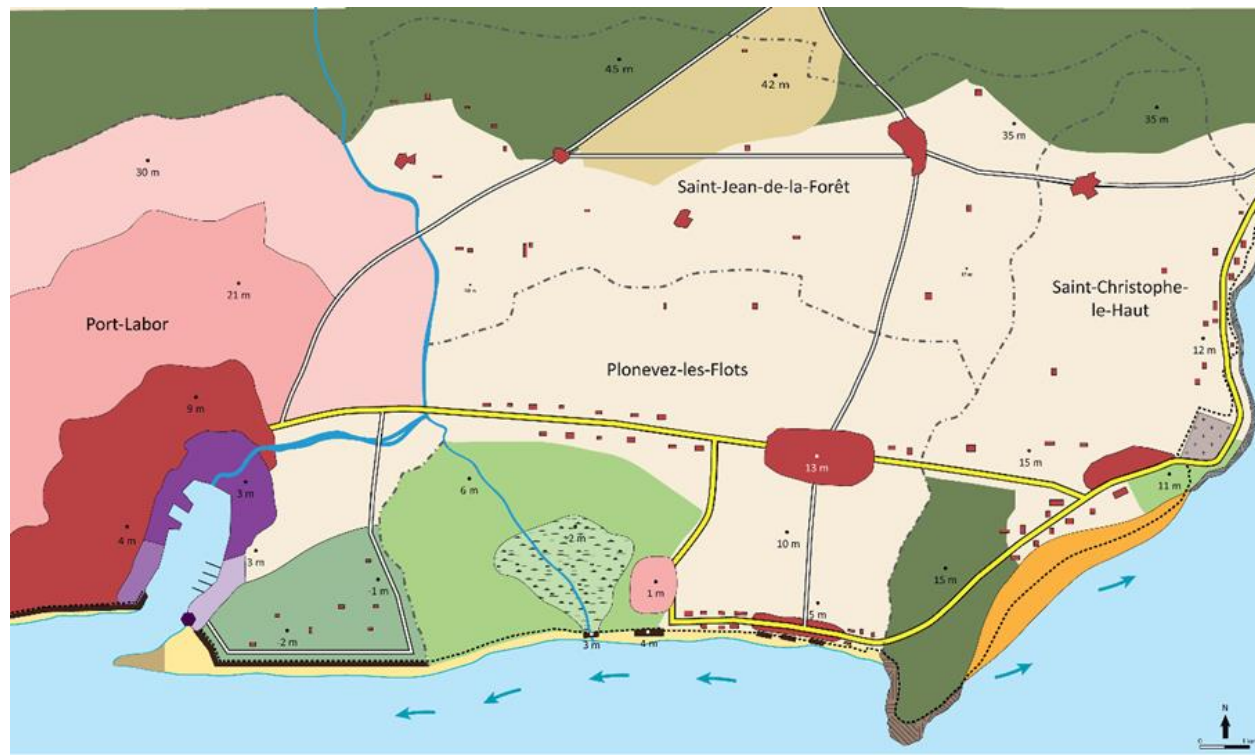


## (2) Une analyse approfondie des avantages et inconvénients des politiques publiques sur les deux territoires

Nombreuses similitudes dans les modes de gouvernance, mais aussi des particularités :

- Systèmes d'indemnisation (pas de prise en charge des résidences secondaires au Québec, principe de solidarité nationale en France mais seulement pour la submersion ...)
- Effectivité de la relocalisation résidentielle au Québec (mais pas encore en France)
- Place plus centrale (mais en diminution) de l'État en France
- Concertation surtout développée entre État et collectivités locales en France / impliquant davantage les habitants au Québec

Un archétype de territoire pour matérialiser l'application des politiques publiques dans les deux contextes



### (3) Une meilleure compréhension des aspects psychosociaux de l'adaptation

Enquêtes habitants et forums ouverts ont notamment montré sur les deux terrains :

- Très fort attachement au territoire, couplé à une forte dimension identitaire en lien avec la mer
- Tendance à mettre les risques côtiers, bien que connus, « à distance » des sujets de préoccupations majeurs
- Incertitude sur les effets des changements climatiques
- Volonté d'implication pour certains.

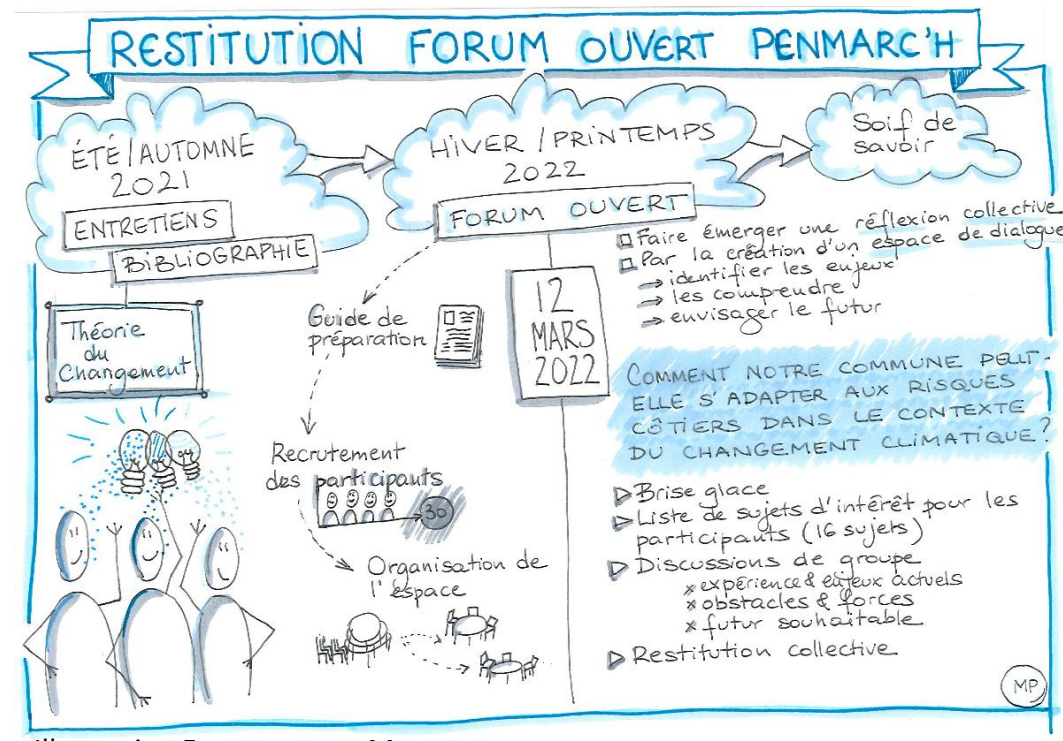


Illustration Forum ouvert M.  
Philippe

#### (4) Co-construction de scénarios d'adaptation dans un contexte de changements climatiques

- Deux jeux de rôles de prise de décision visant à projeter le territoire dans un futur souhaitable :
  - Adaptation au Québec d'un jeu sérieux français : *Plonevez-les-flots/Viviers-sur-Mer* joué avec des élus, des gestionnaires, des acteurs de la société civile et des étudiants.
  - Création d'un nouveau jeu sérieux impliquant des habitants : *Littopia* (version française et version québécoise) joué avec des habitants sur les deux territoires.



Marie, 2021

Jeu sérieux *Viviers-sur-Mer*, Matane 2021



Jeu sérieux *Littopia* (version Québec)

## (4) Co-construction de scénarios d'adaptation dans un contexte de changements climatiques

- Participation active de l'équipe ARICO aux projets à long terme d'adaptation des territoires côtiers portés par les collectivités locales

**En France** : Exercice de cartographie participative pour un diagnostic partagé avec les acteurs locaux ➤ Élaboration de scénarios exploratoires d'adaptation avec les élus ➤ Adoption d'un scénario préférentiel par les élus locaux ➤ Étape de rétro-planning à venir...  
+ Démarche de relocalisation résidentielle planifiée sur le site de Lehan à Treffiagat et suivi par l'équipe ARICO.



**Au Québec** : Groupes de réflexion sur le diagnostic territorial partagé avec les acteurs locaux  
➤ Participation à la première réunion publique avec les habitants dans le cadre d'une démarche territoriale en cours entre la Ville de Matane et le ministère de la Sécurité publique  
➤ Modalités de la démarche encore à définir avec les acteurs locaux  
+ Analyse de solution en cours pour les secteurs de Matane-sur-Mer et Petit-Matane et suivi avec l'équipe ARICO.



# Bilan : plus-value et difficultés des 3 i

## Interdisciplinaire



Permet une **approche systémique** de la problématique des risques côtiers



Accroissement des **connaissances** réciproque



Requiert un **long temps de pratique de travail en commun** pour se comprendre et respecter les différences d'approches

## International



**Pour les chercheurs** : croisement des concepts, des méthodes, des données...



**Pour les gestionnaires et élus** : échanges, inspiration dans les outils et méthodes de travail



**Bilan carbone !**

**Interprofessionnel** : lien étroit avec les praticiens essentiels pour travailler sur la gestion des risques et l'adaptation



Croisement des **connaissances**



Confrontation aux **réalités et contraintes** des métiers



**Plus grand réalisme et meilleure opérationnalité** des propositions



**Acculturation** avec influences mutuelles



**Communications** communes dans les médias



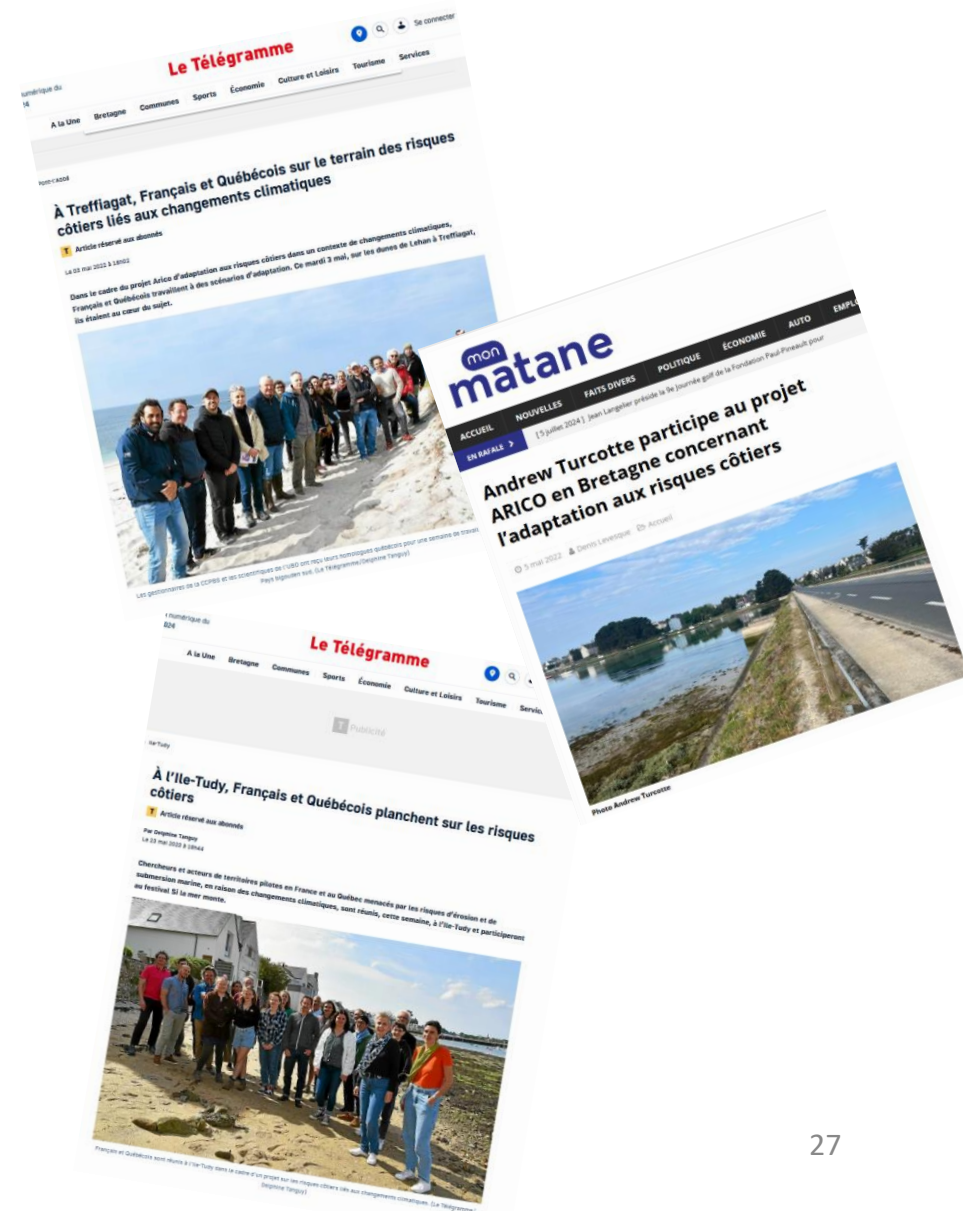
**Relais** qui peut être parfois pris par les universitaires



**Caution** pour les universitaires sur l'utilité sociale de leurs travaux



**Disponibilité** des gestionnaires et surtout des élus



## Conclusion : deux « *take-home messages* »

- 1) L'essentiel = passer du temps ensemble, sur le terrain (deux semaines par an, une dans chaque pays consacrées uniquement au projet). Coûteux en temps et en argent mais possible si équipes investies et grâce au financement FRQ-ANR.



Visiblement, on progresse !

## Conclusion : 2 « *take-home messages* »

2) Temps long de l'aménagement et de l'adaptation sur le terrain, à suivre au-delà du projet. Importance de garder les liens et les équipes de chercheurs et de gestionnaires/élus mobilisées...

Pour ce faire, ARICO a amorcé un nouveau projet qui vient d'être retenu par le CNRS :

### International Research Project **ADAPTACOTE**

(Adaptation des écosociosystèmes aux risques côtiers dans un contexte de changements climatiques, 2025-2029)



**Merci au FRQ et à l'ANR !**



FRQ dossier 280037

ANR convention 19-FQSM-0001-01

# Cost to Coast

# Projet Cost-to-Coast [C2C]

Gestion maritime et côtière durable selon une approche intégrée combinant l'évaluation des services écosystémiques à une échelle territoriale et selon une perspective cycle de vie

Réunion de clôture  
10 octobre 2024

Funded by

Fonds  
de recherche  
Québec 

 anr<sup>©</sup>

# Partenaires académiques

## COORDINATEURS

- > QUÉBEC **C. Bulle** & D. Maia de Souza [CIRAIG, UQAM]
- > FRANCE **E. Loiseau** & A. Hélias [UMR ITAP, Groupe ELSA, INRAE]

## AUTRES PARTENAIRES ACADÉMIQUES

- > **H. Rey-Valette** & J-M Salles [CEE-M, UM-CNRS]
- > M. Margni & D. Maxime [CIRAIG, Polytechnique Montréal]
- > J. Dupras [UQO]
- > R. de Wit & V. Derolez [UMR MARBEC, Ifremer-CNRS]

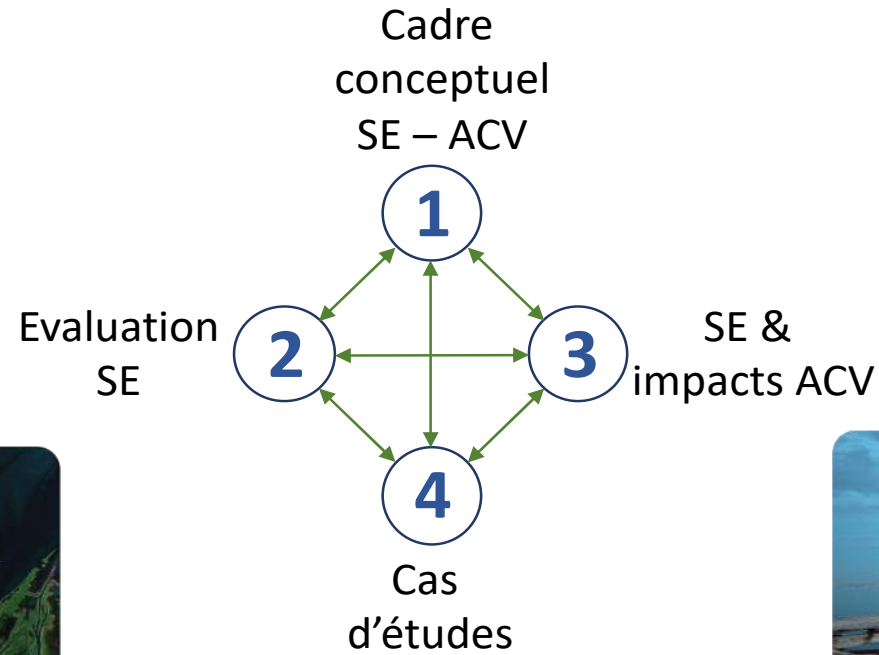


# Informations administratives & financières

- **Durée du projet : 4 ans**  
Démarrage : septembre 2020
- **Aide allouée par l'ANR et les FRQ : 705 k€**  
(305 k€ ANR / 600 k\$ FRQ)
- **Dépenses :**
  - 4 doctorants
  - 1 post-doc
  - 3 masters

# Objectifs du projet

Evaluer la durabilité d'un projet de développement maritime côtier à l'échelle du territoire selon une perspective cycle de vie

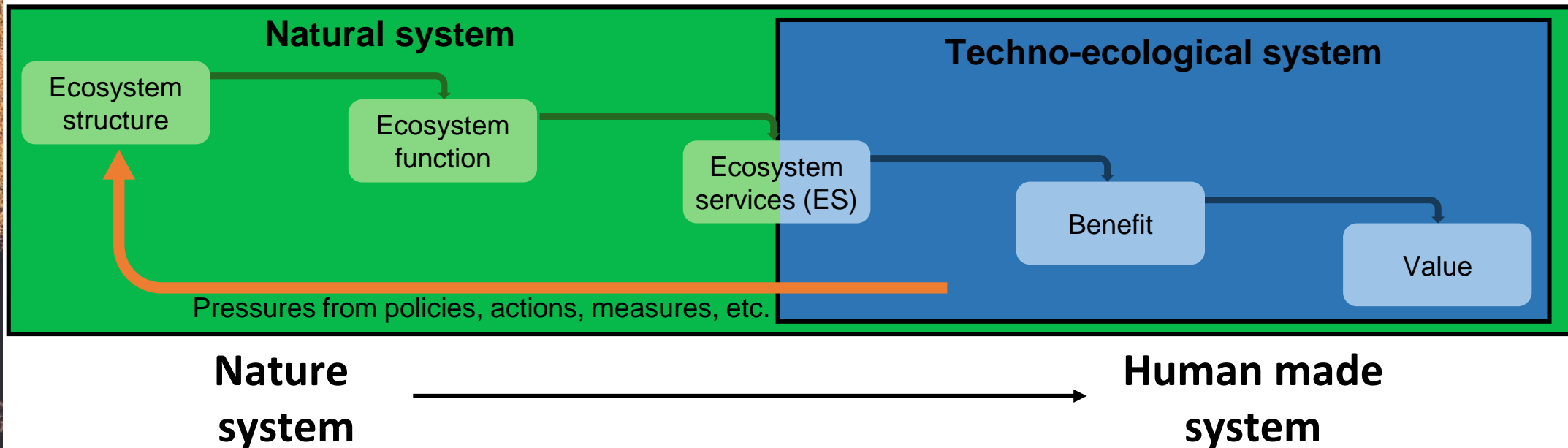


Estuaire du Saint Laurent – Lac St Pierre (QC)

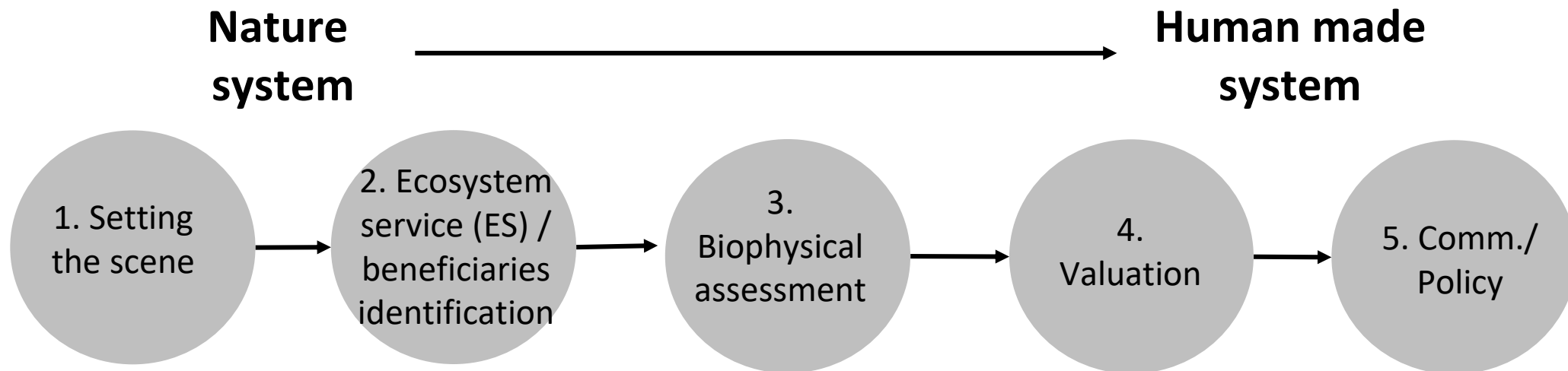
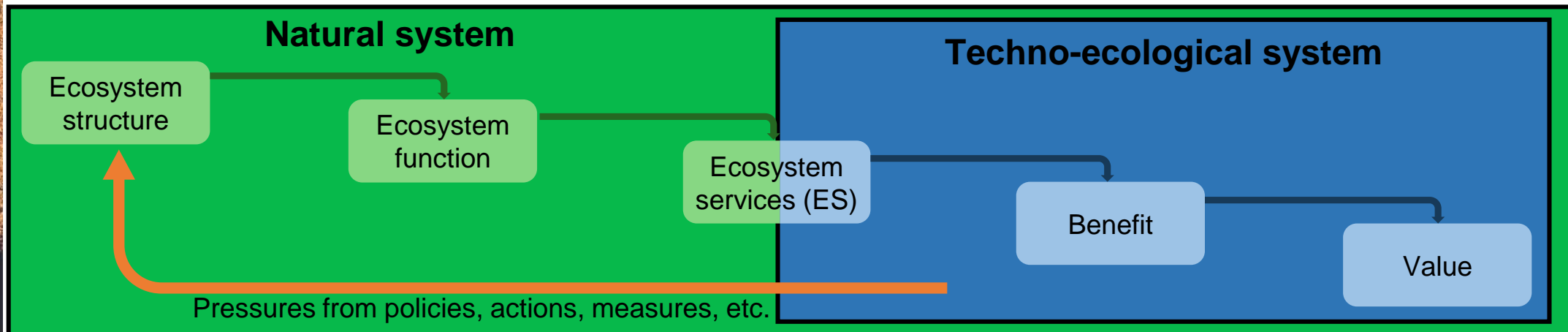


Etang de Thau (FR)

# Evaluation des services écosystémiques



# Evaluation des services écosystémiques



# L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

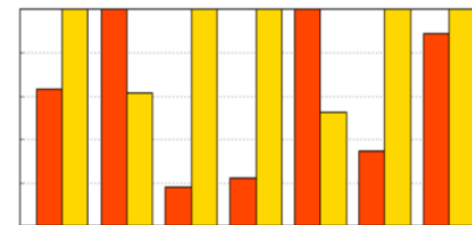
## Les 3 piliers

Approche **cycle de vie**  
-> système complet



Identifier les transferts de pollution

Approche **multicritère**  
des impacts environnementaux

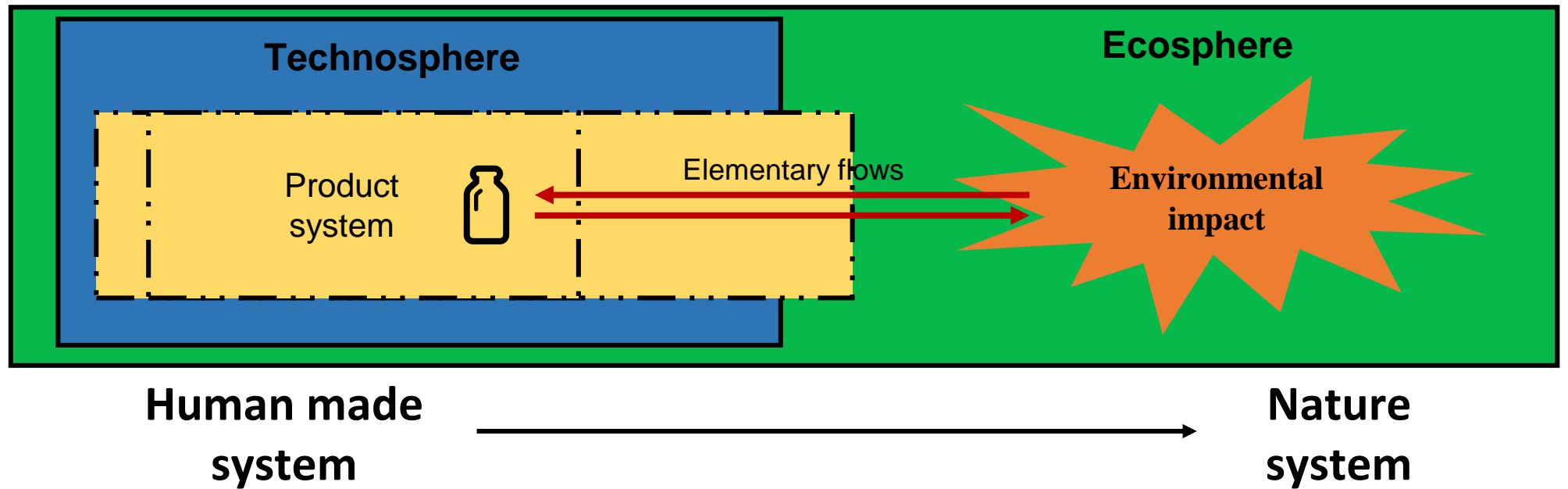


Approche **fonctionnelle**  
-> service rendu

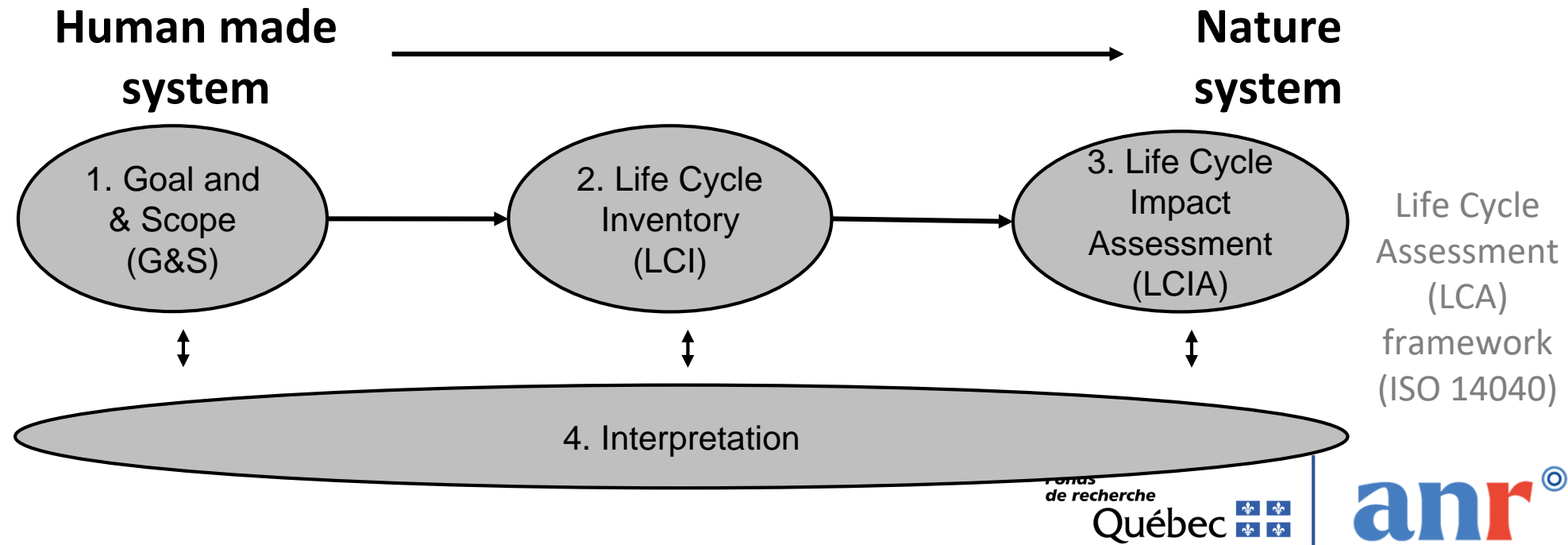
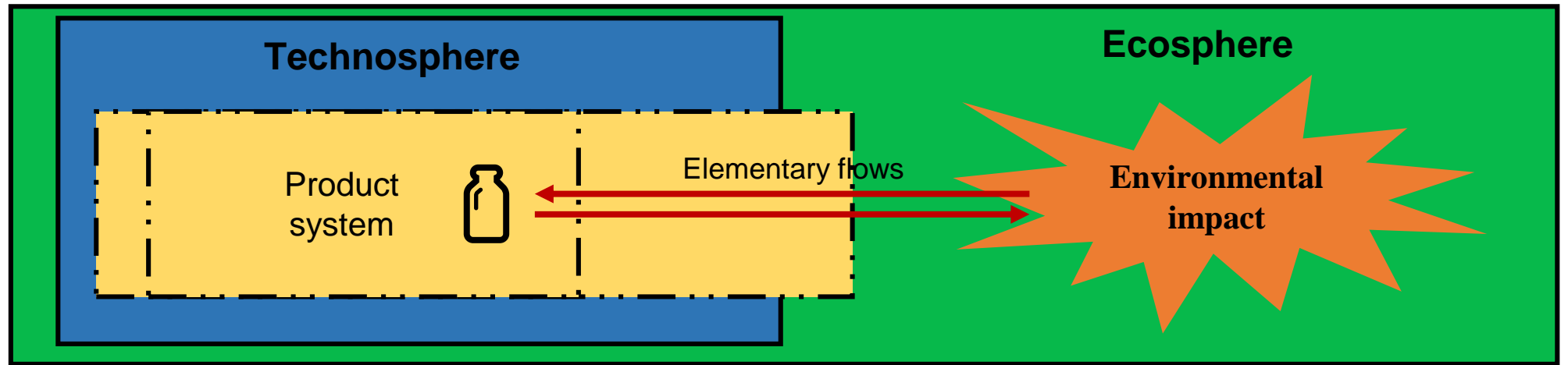


Conçu pour quantifier les impacts environnementaux des produits & services

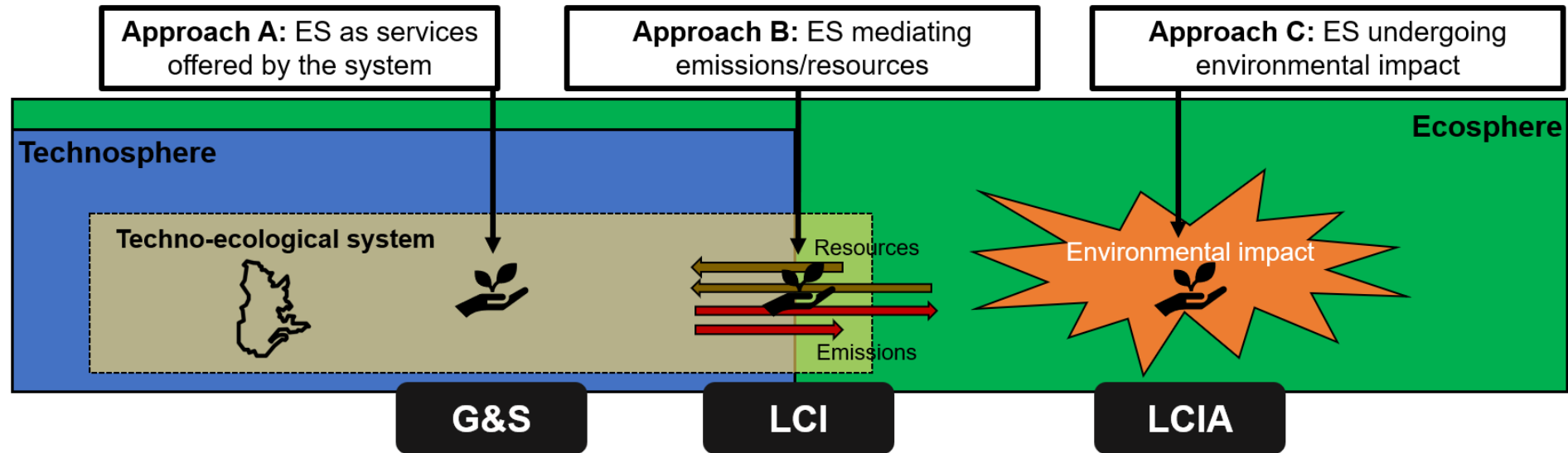
# L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)



# L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)



# Intégration de deux approches d'évaluation



3 combinaisons possibles :

- > ES = services rendus par le scénario d'aménagement étudié (Approche A)
- > ES = flux modélisés dans l'inventaire du cycle de vie (Approche B)
- > ES = nouvelle aire de protection en ACV (Approche C)

# Pluralité des valeurs

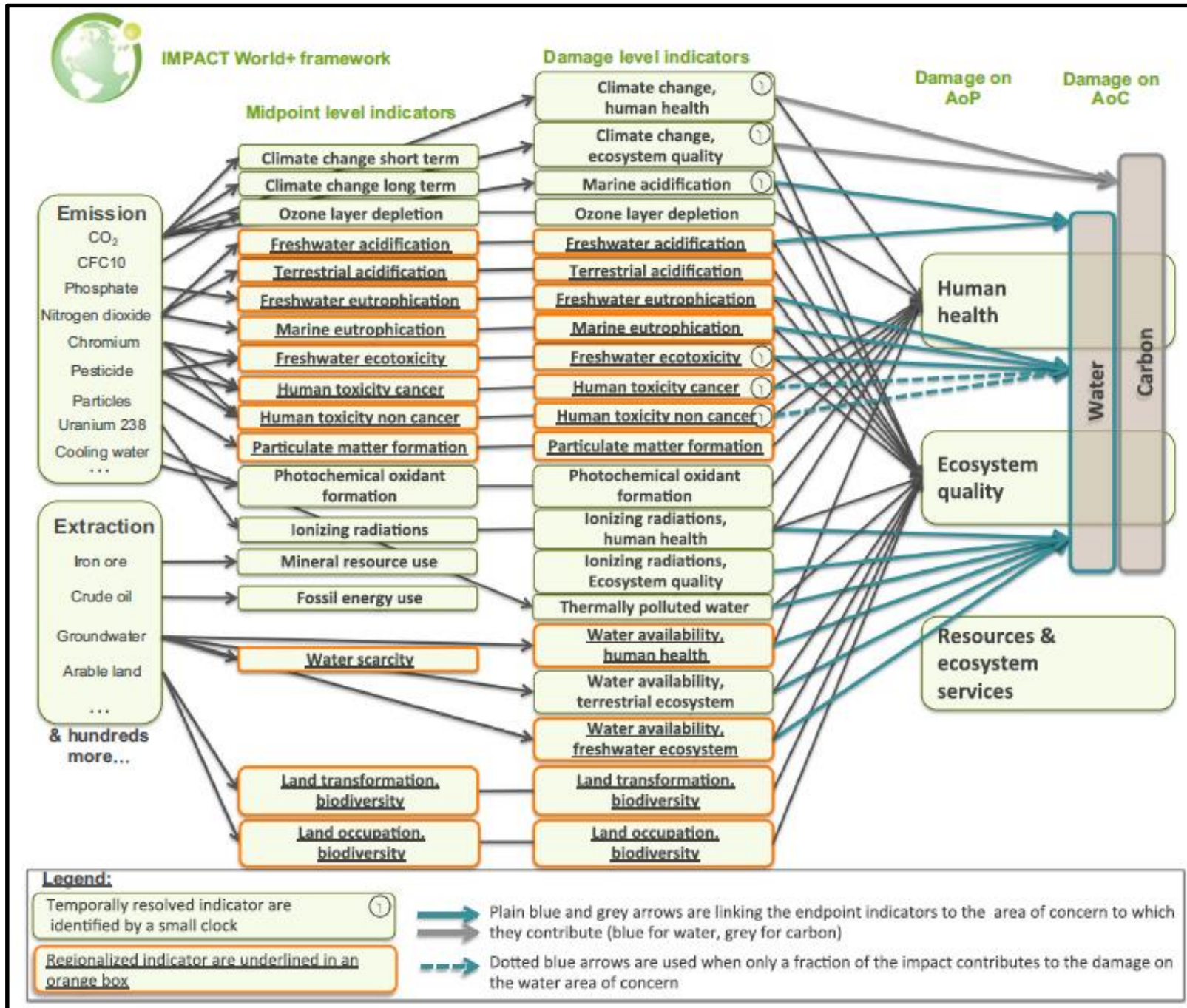
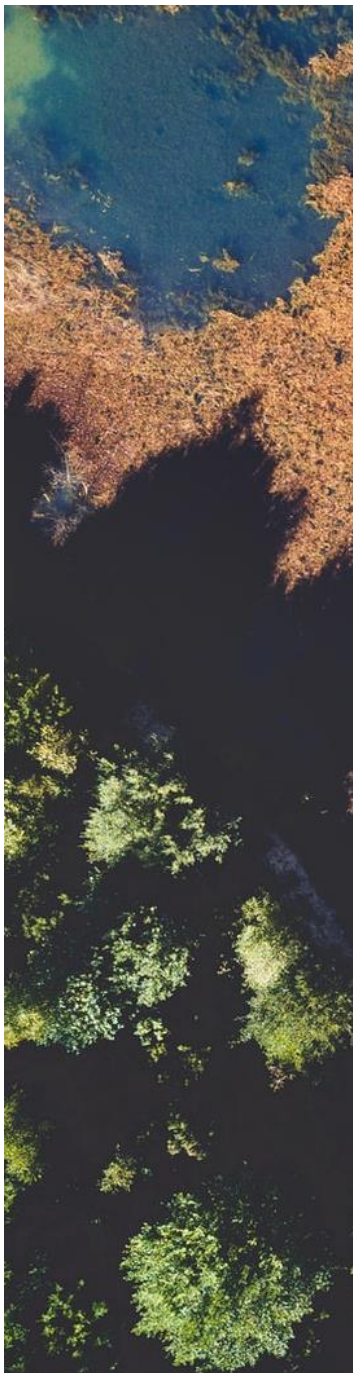
## Développements méthodologiques proposés dans Cost to Coast

|   | Intrinsèque                                    | Instrumentale                               | Relationnelle                               |
|---|--|---|---|
| Evaluation des services écosystémiques (SE) |  | Tous types de SE                            | SE culturels & quelques d'approvisionnement |
| ACV (LCIA)                                  | Santé Humaine & <b>Qualité des écosystèmes</b> | Ressources & <b>Services écosystémiques</b> | X   |

# Pluralité des valeurs

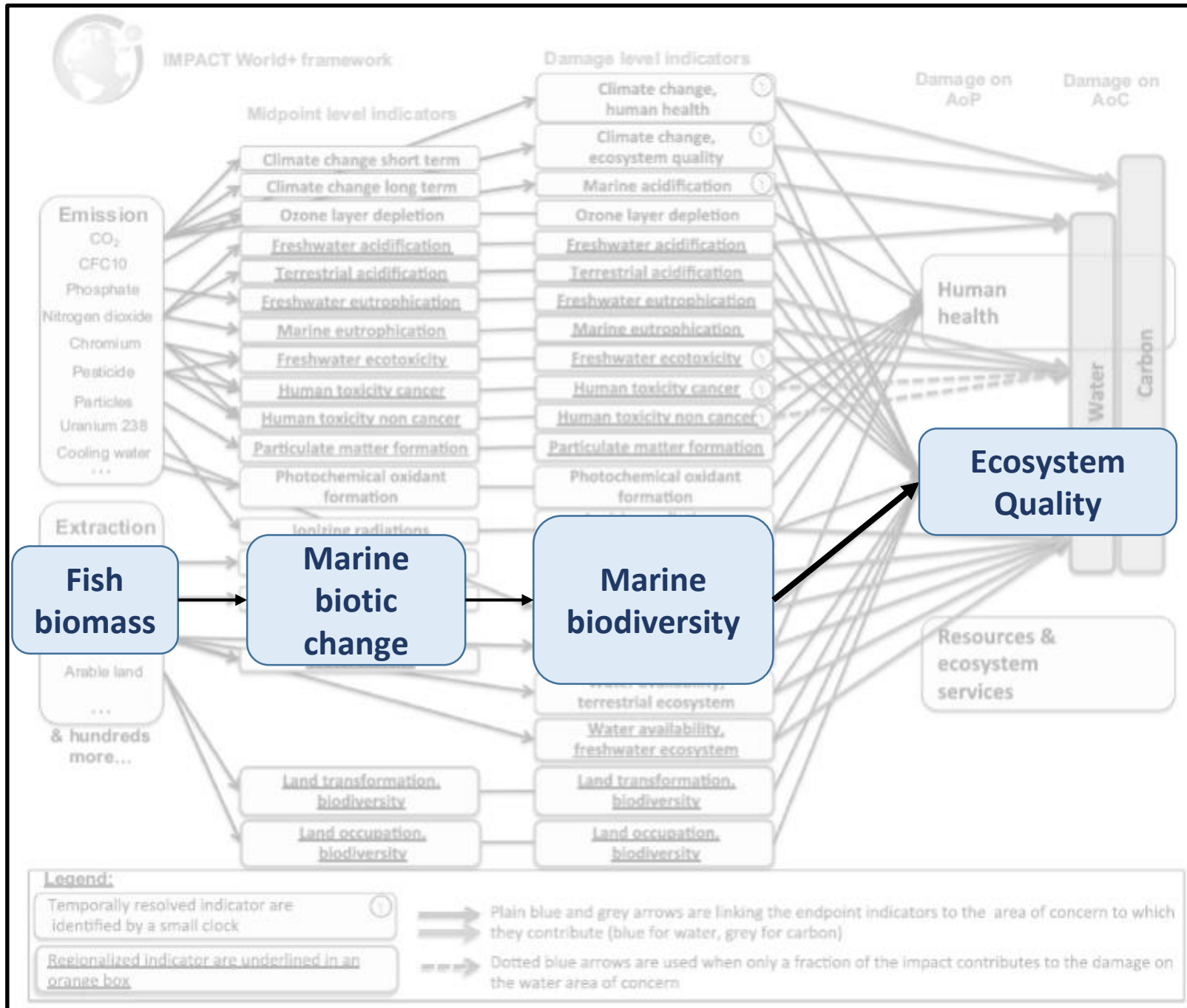
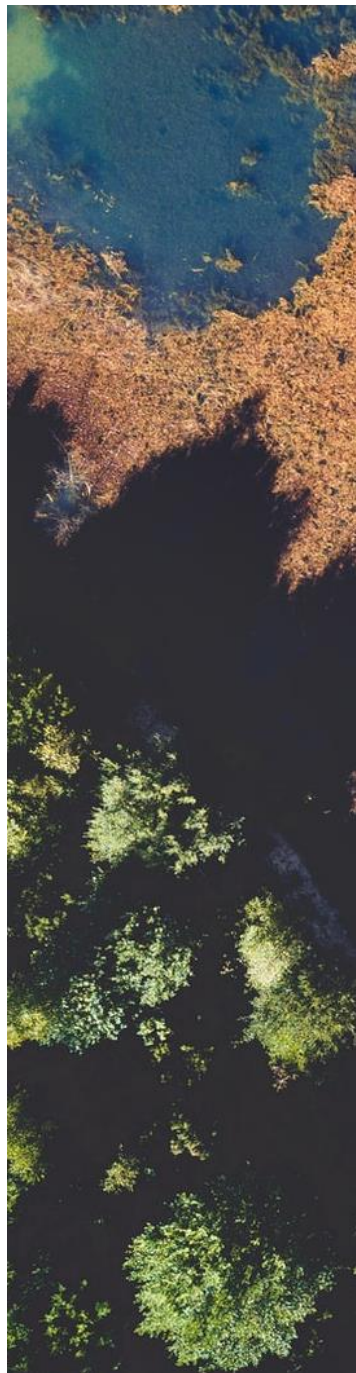
## Développements méthodologiques proposés dans Cost to Coast

|  | Intrinsèque                                    | Instrumentale                               | Relationnelle  |
|--|--|---|--|
| <b>Evaluation des services écosystémiques (SE)</b> |  | <b>Tous types de SE</b>                     | <b>SE culturels &amp; quelques d'approvisionnement</b> |
| <b>ACV (LCIA)</b>                                  | Santé Humaine & <b>Qualité des écosystèmes</b> | Ressources & <b>Services écosystémiques</b> | X  |

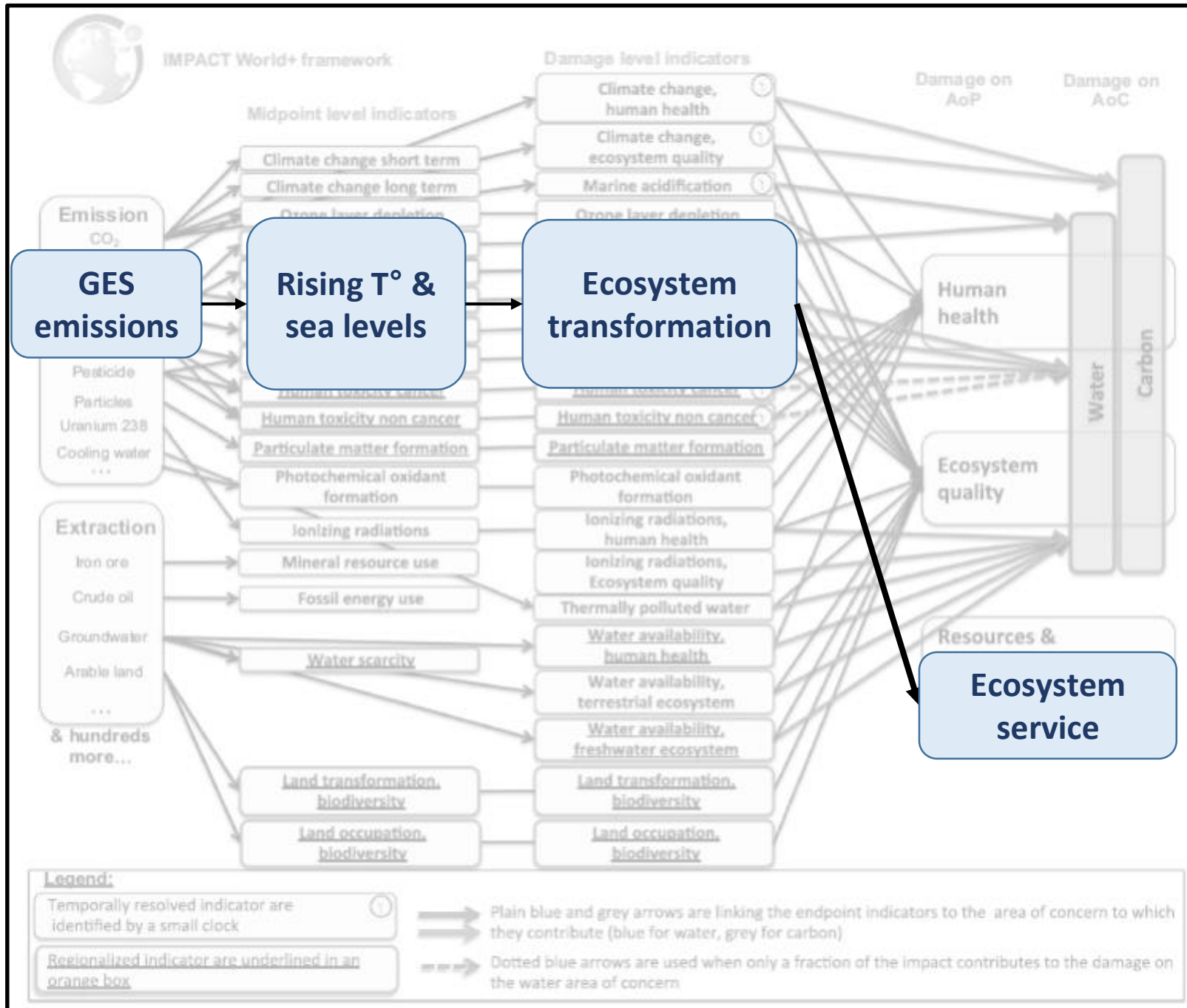
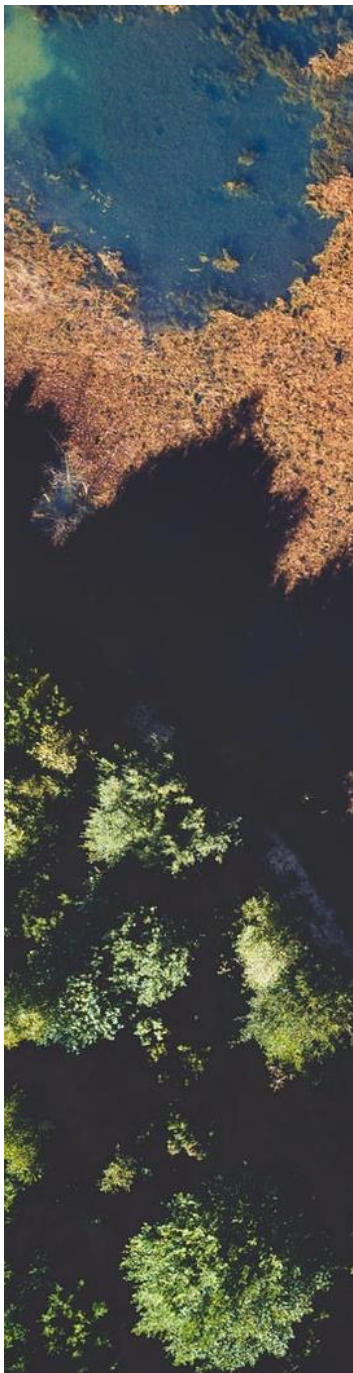


Life cycle impact assessment method: **IMPACT WORLD+**

-> Nouvelles voies d'impact développées dans Cost to Coast

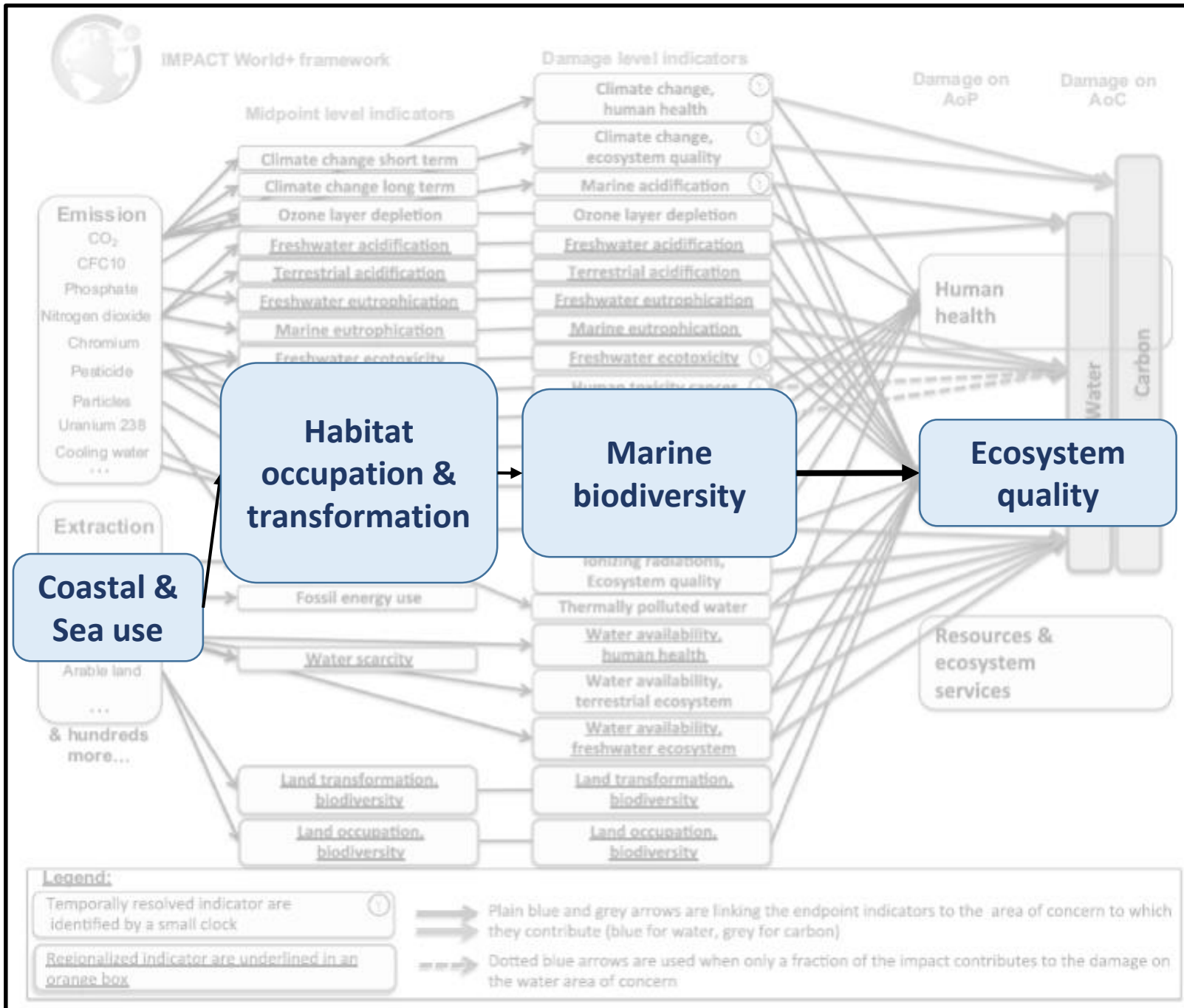
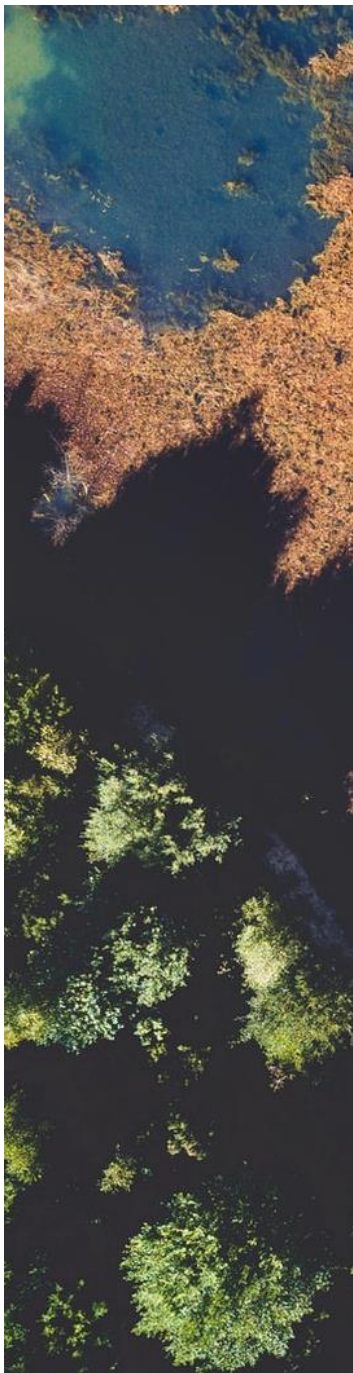


Thèse de  
Chloe  
Stanford  
Clark



Thèse de  
Laura  
Debarre

Ecosystem  
service



# Mastère de Catherine

**Application sur les 2 cas d'étude**

# Des contextes différents



## La bassin de Thau

### Lagune

### Bassin versant

- 30 000 ha ;
- 11 cours d'eau (1 pérenne)

### Façade maritime

- 30 km, dont un lido de 12 km

### Climat méditerranéen

Gouvernance intégrée et concertée depuis 2005

## Le lac Saint Pierre

Plaine inondable 71 753 ha

### Bassin versant




- 990 000 km<sup>2</sup> (Ontario et USA)
- 12 cours d'eau

### Climat continental humide

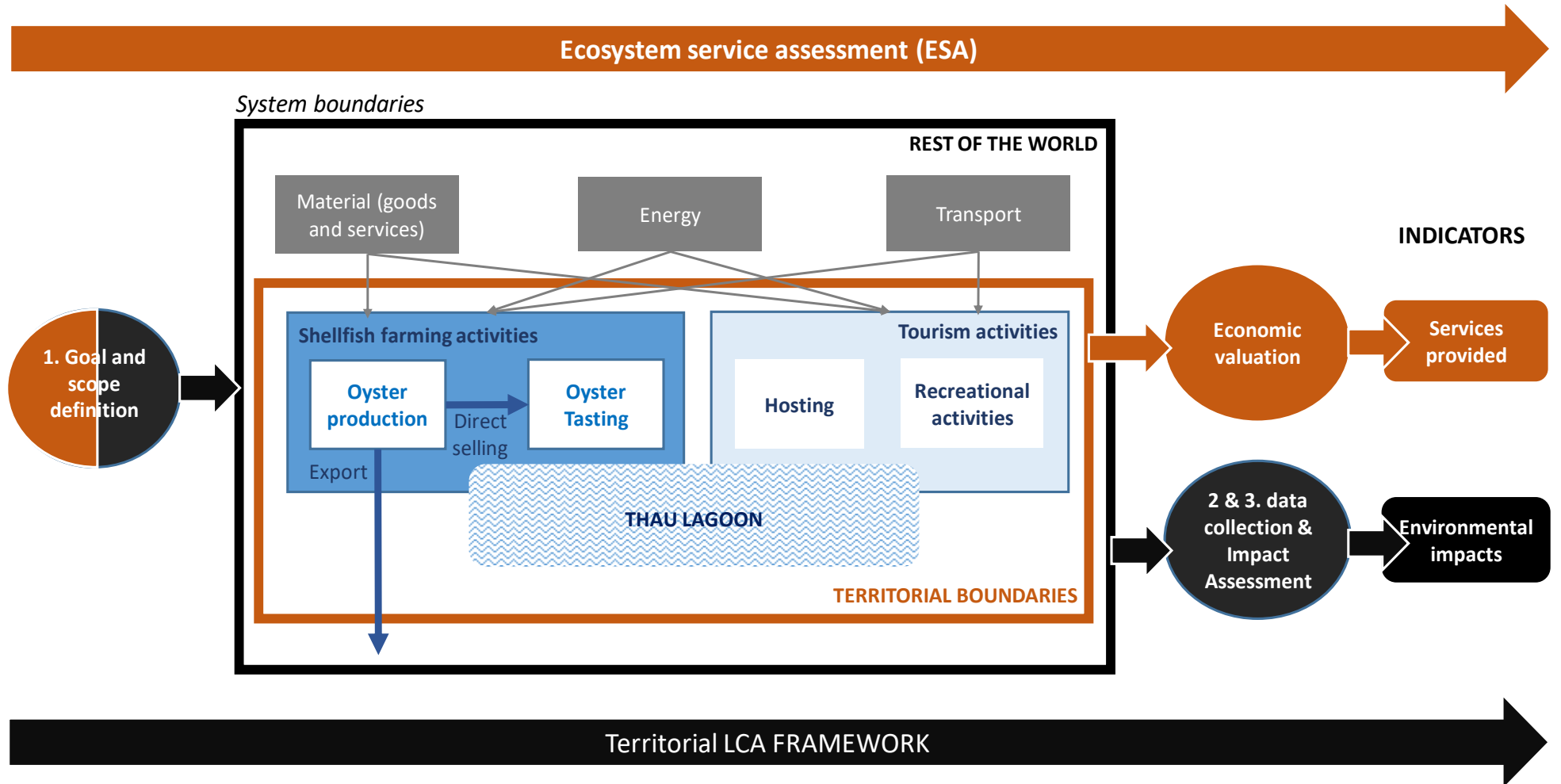
Convention Ramsar 1998 & Biosphère UNESCO 2001



# Choix des services écosystémiques évalués

|   | Thau (FR)  | Lac Saint Pierre (QC)                                  | Méthode d'évaluation économique |
|---|--|--|---------------------------------|
|  <b>SE Approvisionnement</b> | Essentiellement conchyliculture  | Essentiellement pêche                                  | Marché (valeur ajoutée)         |
|  <b>SE Culturel</b>          | 8 activités récréatives + observation nature                               | 15 activités récréatives + éducation à l'environnement | Marchés implicites              |
|  <b>SE Régulation</b>      | Conservation de la biodiversité<br>Qualité sanitaire<br>Richesse nutritive |  | Marché substitutifs             |

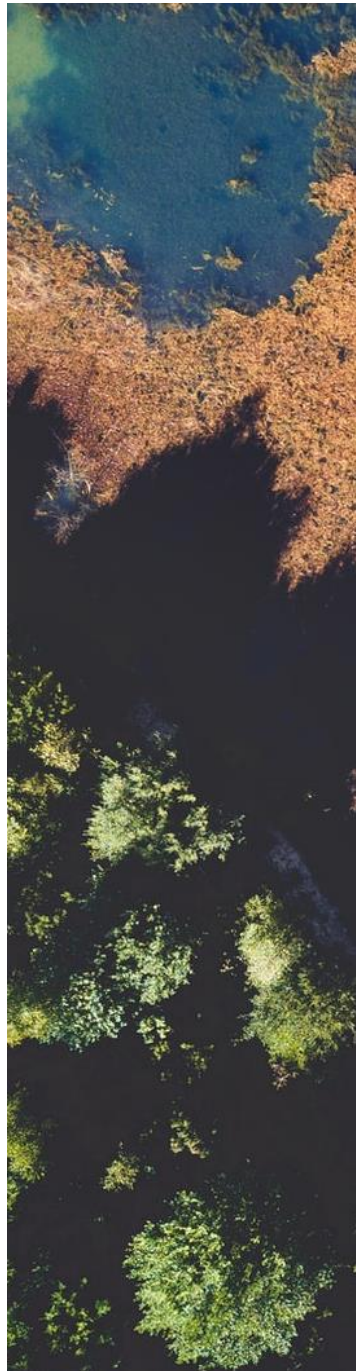
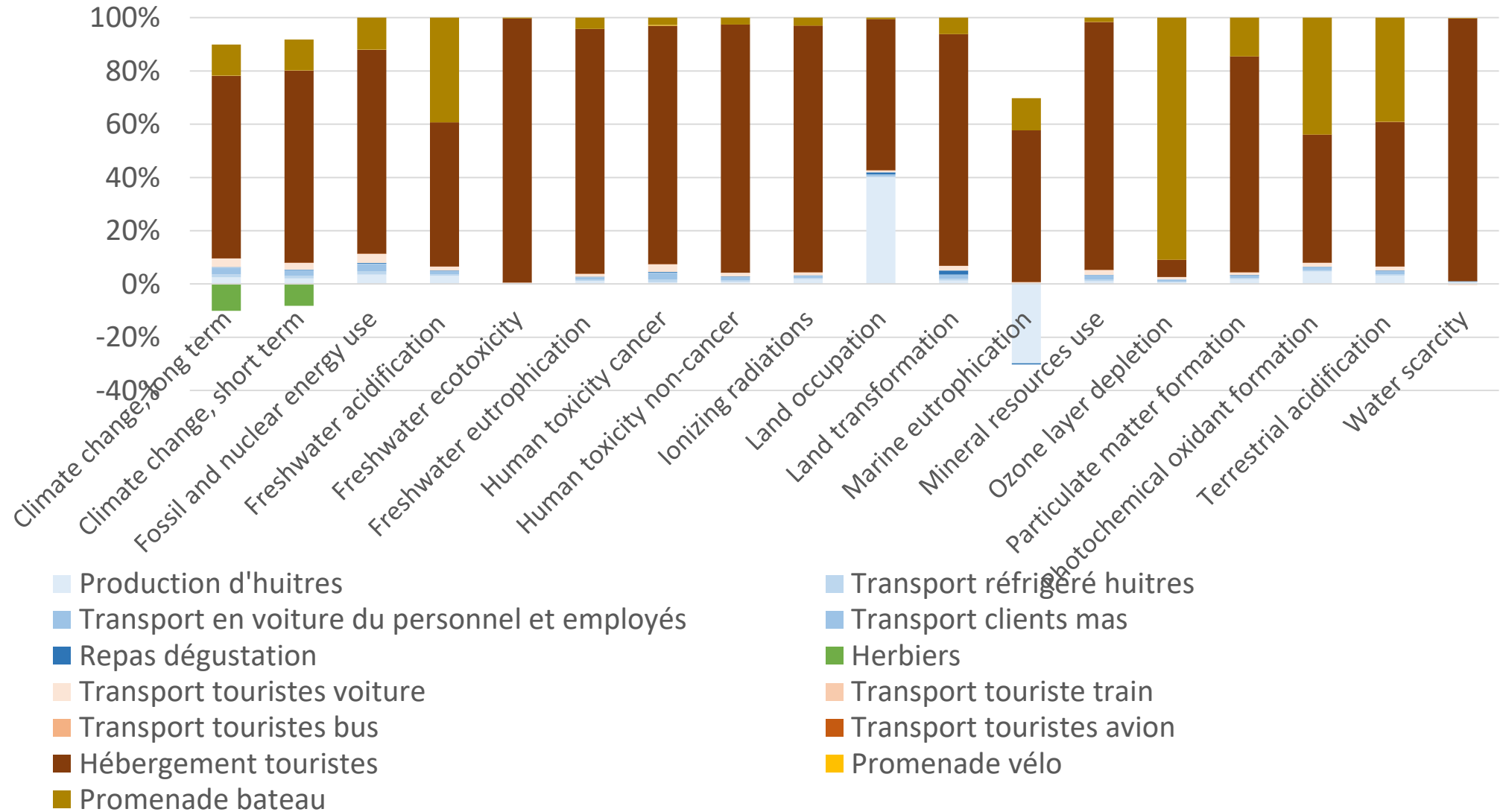
# Focus sur le bassin de Thau



# Focus sur le bassin de Thau – Situation actuelle

| Type de SE        | SE                         | M€           |
|-------------------|----------------------------|--------------|
| Approvisionnement | <b>Conchyliculture</b>     | <b>26,25</b> |
|                   | <b>Services récréatifs</b> | <b>28,12</b> |
| Culturel          | Observation de la nature   | 8,54         |
|                   | Conservation biodiversité  | 0,97         |
|                   | <b>Qualité sanitaire</b>   | <b>21,00</b> |
| Régulation        | Richesse nutritive         | 0,50         |
|                   | <b>TOTAL</b>               | <b>96,63</b> |

# Focus sur le bassin de Thau – Situation actuelle (impacts environnementaux)



# Cost to Coast : Take home messages

- Développement d'une approche d'évaluation intégrant évaluation des SE & ACV (15 présentations orales en conférence, 1 papier accepté, 2 soumis, 5 en cours de finalisation)
- Application sur 2 cas d'étude pour évaluer différents scénarios d'aménagement (actuels et futurs) afin de :
  - Identifier les principales marges de manœuvre pour diminuer les impacts environnementaux des territoires
  - Identifier de potentiels transferts de pollution entre territoires, impacts & SE
  - Apporter des éléments objectifs aux parties prenantes sur les effets environnementaux de choix d'aménagement
- Développements méthodologiques applicables plus largement à d'autres territoires et autres objets études



MERCI pour  
votre  
attention

Des Questions  
?

Funded by

Fonds  
de recherche  
Québec



anr<sup>®</sup>

# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

Questions/réponses - session 1



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**anr** ©  
agence nationale  
de la recherche  
AU SERVICE DE LA SCIENCE

# Pause

15h40- 15h55



Fonds  
de recherche  
Québec 

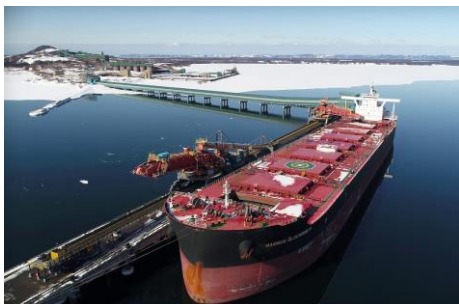
# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

Présentations des projets - session 2

# Auditif

# Acoustic impact of ship traffic on mussels and scallops of the Gulf of Saint Lawrence (2020-2024)

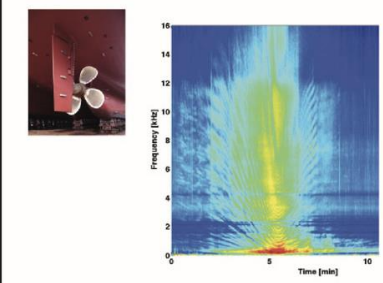
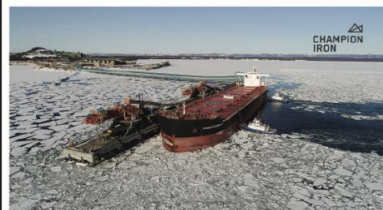


## WP1

### Maritime traffic in the GSL: past, present and future Social

Task 2.1: Maritime Traffic in the GSL since three decades: the case of two main harbors Sept-Îles and SPM

Task 2.2: Expected future Maritime Traffic in harbors, potential realistic scenarios



## WP2

### Maritime traffic impact on benthic assemblages focus on SPM scallops' populations Social / Natural and Engineering

#### WP2a: Acoustic impacts on the natural dynamic of scallops (*C. islandica* & *P. magellanicus*) populations Natural and Engineering

Task 2.1: Influence of ship noise on behavior and characteristics of adult scallops (pristine vs disturbed sites)



Task 2.2: Influence of ship noise on natural field spat collection in pristine vs disturbed SPM sites

#### WP2b: Economic and legal analyses of potential scallop farming under anthropogenic influence Social

Task 2.1: Economic potential of scallop farming in SPM under anthropogenic influence

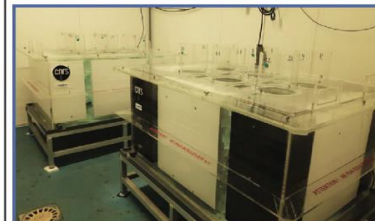
Task 2.2: Local legal analysis in SPM relative to acoustic ship traffic impact

Task 2.3: Viability scenarios of scallop farming in SPM

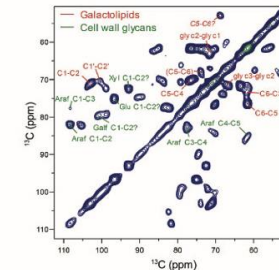
## WP3

### Interacting effects of maritime traffic/thermic stress on mussel and scallops: experiments in anthropogenic controlled mesocosms Natural and Engineering

Task 3.1: Experimental studies of the effects of boat noise, contaminants' cocktails and thermal stress on adults of *Mytilus edulis* and *Placopecten magellanicus*



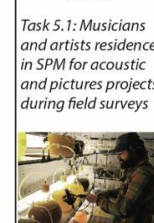
Task 3.2: Health status and adaptive responses of bivalve larval stages to maritime traffic multistress



## WP5

### Arts and Sciences approach to deliver and communicate the results of the project Social / Natural and Engineering / Arts

Task 5.1: Musicians and artists residences in SPM for acoustic and pictures projects during field surveys



Task 5.2: Acoustic events / exhibitions in Montréal



Task 5.3: Communication with media (website, links between artists and scientists and both medias and public)



## WP4

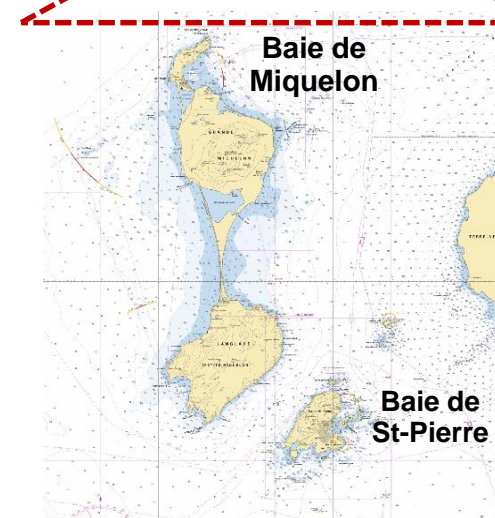
### Spatial modelling of current and future impacts of maritime traffic on scallops and mussels in Sept-Îles and SPM Social / Natural and Engineering

Task 4.1: Compilation of existing results and data of ship traffic related stressors within a georeferenced database system

Task 4.2: Impact assessment of acoustic and contaminant disturbances on *M. edulis* and *P. magellanicus*

Task 4.3: Vulnerability maps on scallops and mussels at both sites and extrapolation to GSL

Task 4.4: Management proposal for scallop farming in close link to local partners





## Objectifs du projet

- Comprendre/estimer les impacts écologiques et socio-économiques des pollutions sonore et chimique du trafic maritime sur la vie marine benthique pour développer des outils de gestion et de surveillance.
  - Méthodes innovantes (*Résonance Magnétique Nucléaire Solide sur les larves; mésocosmes Larvosonic; capteurs du comportement des moules et pétoncles...*);
  - intégration des impacts dans des modèles technoéconomiques (*Aquaculture et ressources halieutiques*), de la réglementation du droit maritime et dans l’;
  - communication basée sur une démarche Arts et Sciences (*musiciens...*).



Fonds de recherche  
Nature et  
technologies

Québec



AUDITIF



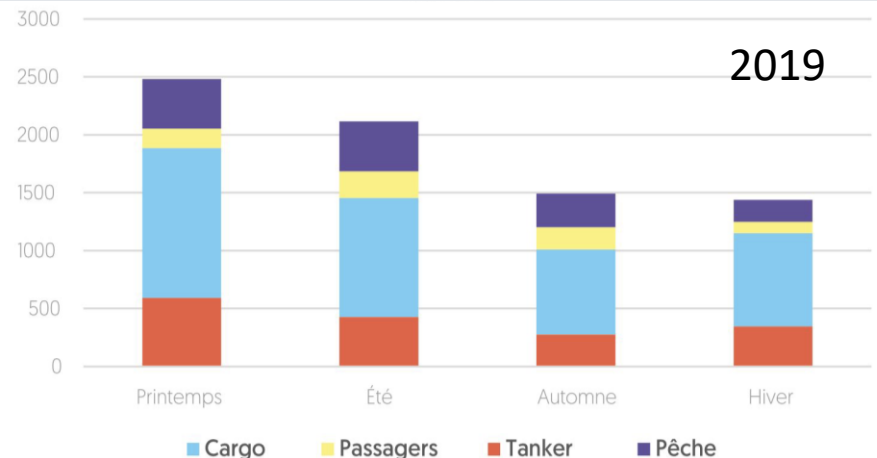
| Instituts   | Étudiants                     | Financement               | Publications  |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|---|
| CNRS        | Stéphane Beauclerc (PDF)      | ANR: 360 000 €            | Cervello et al. 2023. <i>Frontiers of Marine Science</i> 10: 1111505      |
| MNHN        | Pierre Poitevin (PDF)         | FRQNT: 600 000 \$Ca       | Poitevin et al. 2023. <i>Estuarine, Coastal Shelf Science</i> 286: 108322 |
| UBO         | Nathalia Byrro-Gauthier (PhD) | IFQM: 45 000 \$Ca         | Guillot et al. 2024 <i>Marine Pollution Bulletin</i> 199: 116034          |
| INRIA       | Delphine Veillard (PhD)       | Région Bretagne: 30 000 € | Barrat et al. 2023 <i>Chemical Geology</i> 638: 121695                    |
| UQAR        | Thomas Uboldi (PHD)           | La Carène: 35 000 €       | Uboldi et al. <i>Accepté Canadian Journal of Zoology</i>                  |
| Ulaval      | Alice Guillot (MSc)           | IsBLUE: 4 000 €           | Veillard et al. <i>Soumis. Marine Ecology Progress Series</i>             |
| UQAM        | Annabelle Blanchet (MSc)      | MITACS: 24 000 €          | Byrro-Gauthier et al. <i>Soumis. Ecological Application</i>               |
| DFO-Moncton | Mathieu Bianic (M2)           | RAQ: 36 000\$             | Veillard et al. <i>Soumis. Journal of Experimental Biology</i>            |
| DFO-IML     | Lubin Picard (M2)             |                           | Byrro-Gauthier et al. <i>Soumis. Marine Ecology Progress Series</i>       |
|             | Gisèle Pinto (M2)             |                           | Blanchet et al. <i>Soumis. PNAS</i>                                       |
|             | Kévine Yao (M2)               |                           |   |
|             | Chloé Mordant (M1)            |                           |   |
|             | Serena Wild (BSc)             |                           |   |
|             | Maureen Chapiteau (BSc)       |                           |   |
|             | Edilia Gutierrez Yanez (BSc)  |                           |   |



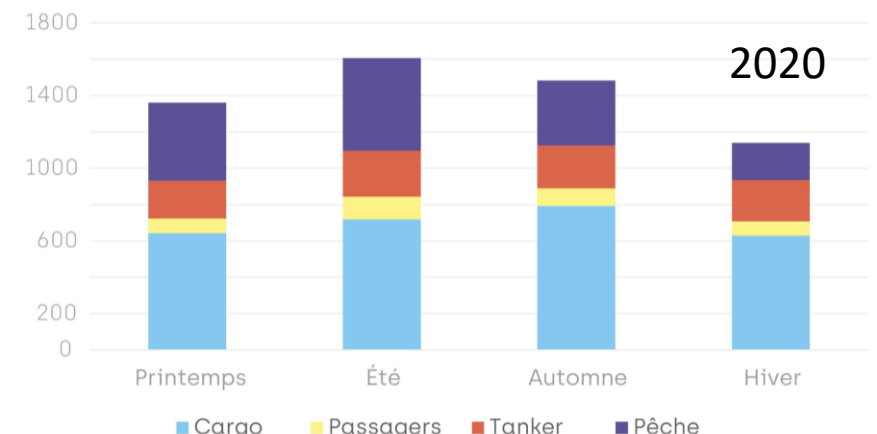
# AUDITIF

## Analyse du trafic maritime (Frémont, Bahoken et Lubin)

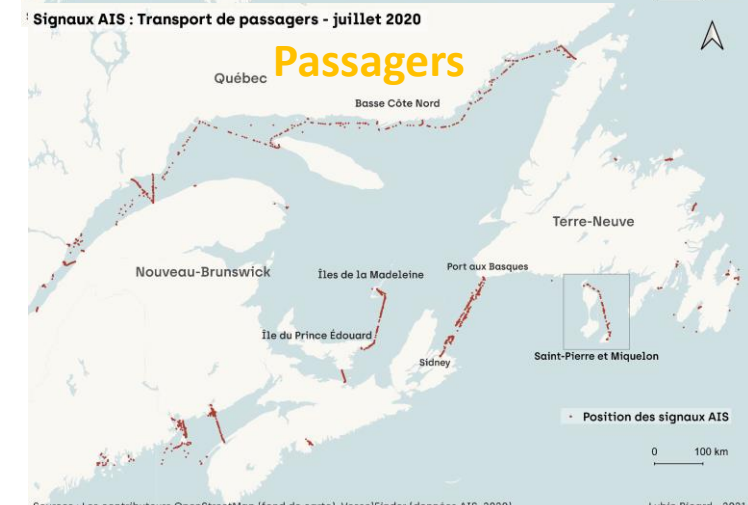
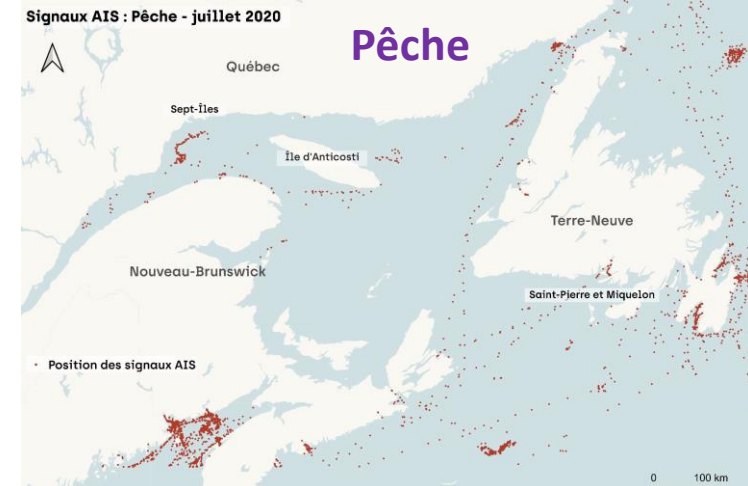
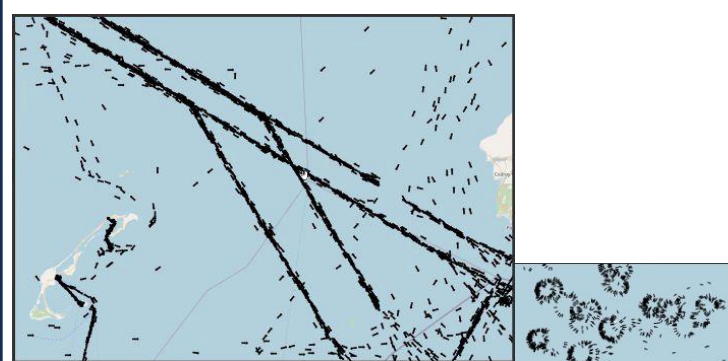
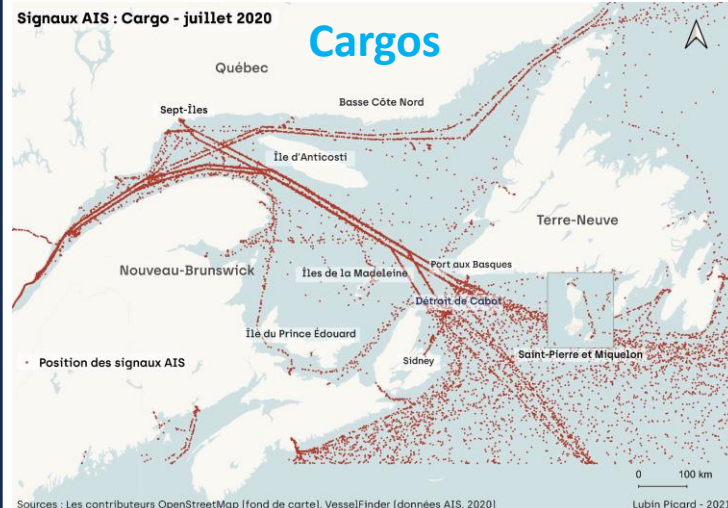
Caractéristiques et variations saisonnières et inter-annuelles : effectifs des navires par catégorie



Lubin Picard, 2021 Source : VesselFinder [données AIS 2019]

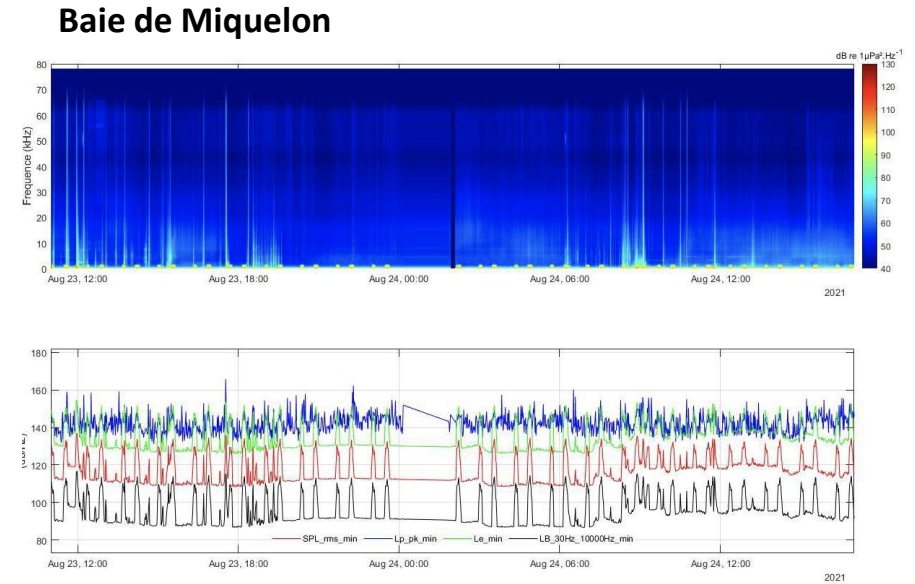
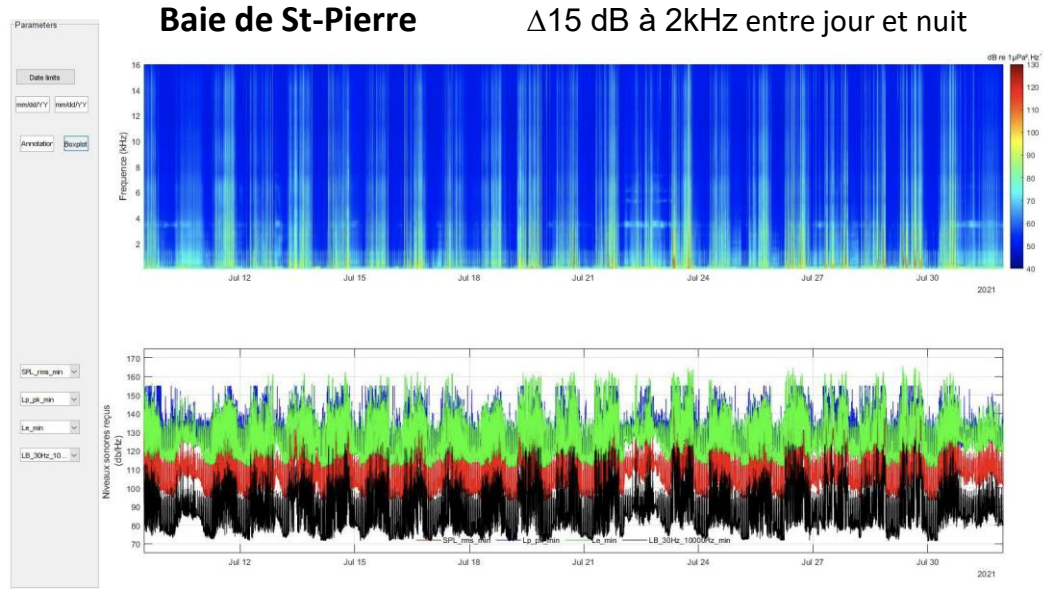


Lubin Picard, 2021 Source : VesselFinder [données AIS 2020]

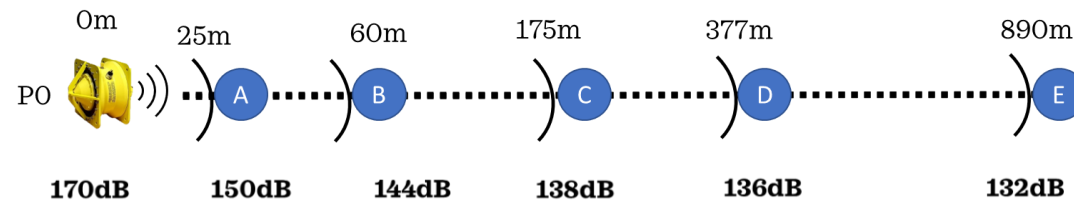
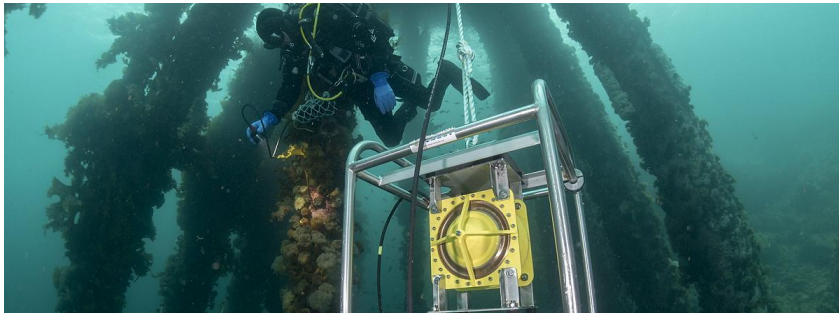


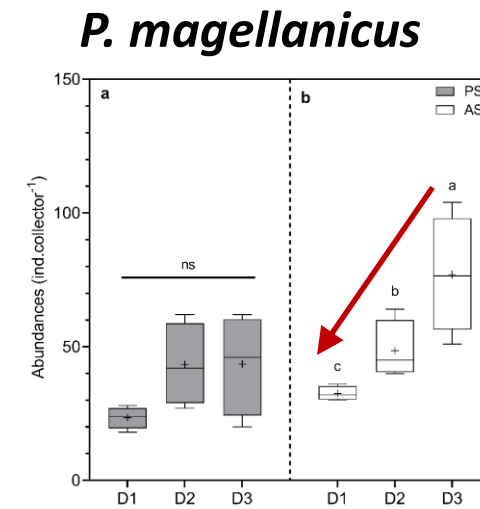
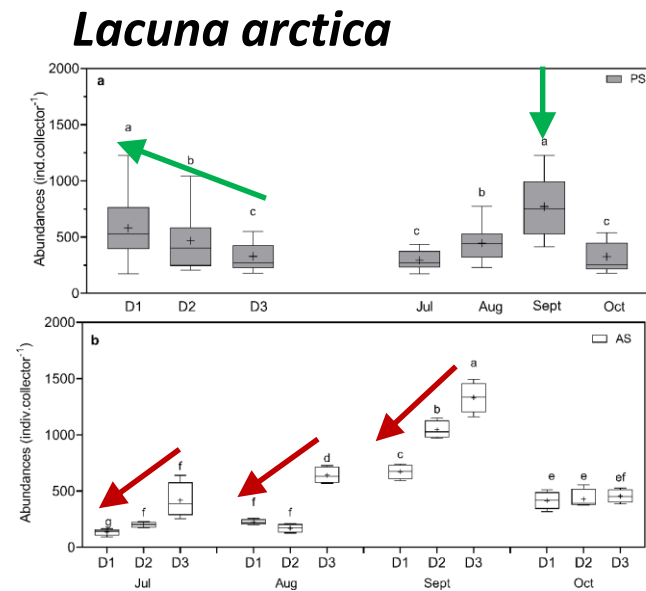
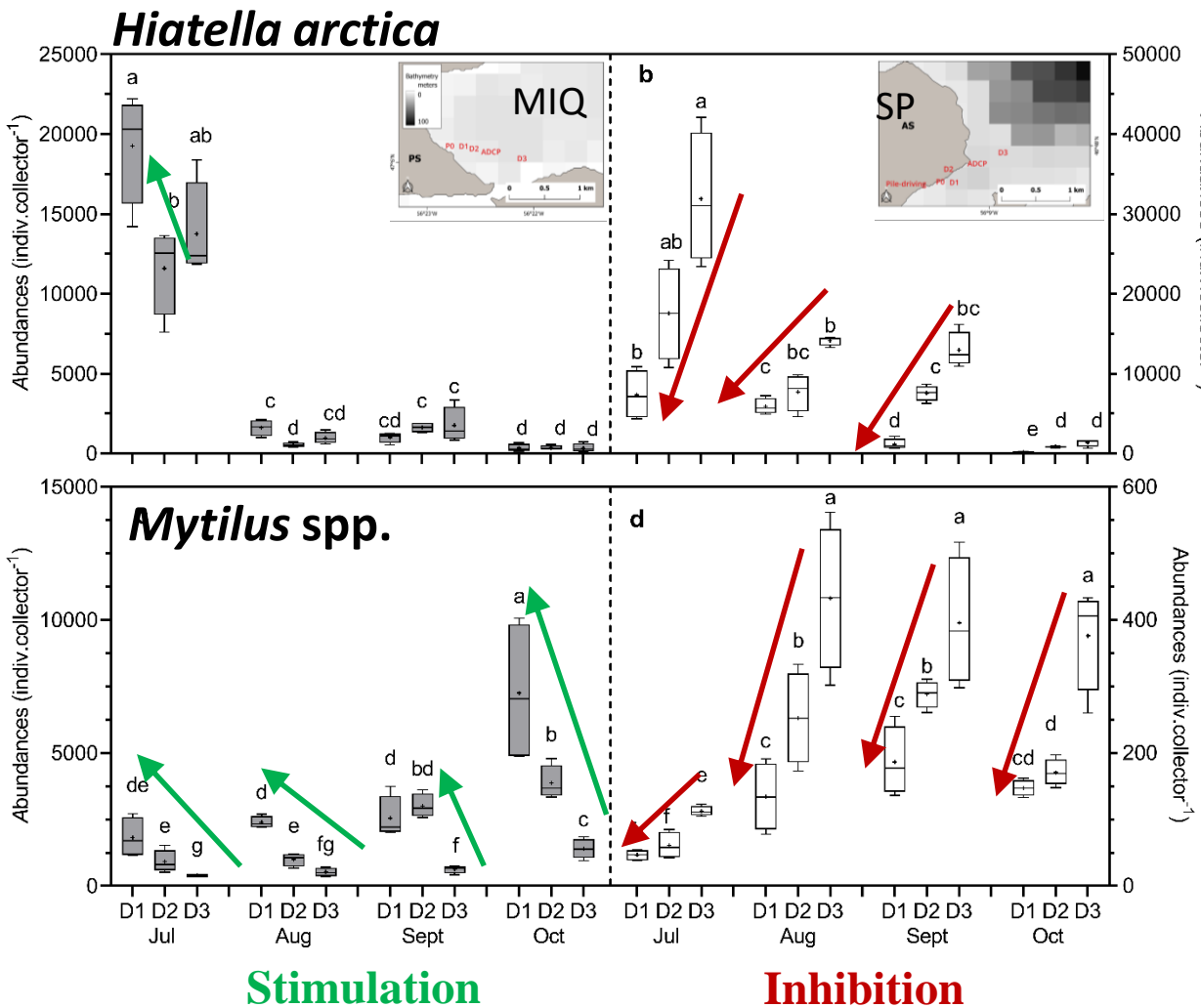
# AUDITIF

Paysages acoustiques : Du bruit, le jour et à St Pierre (pas à Miquelon)!



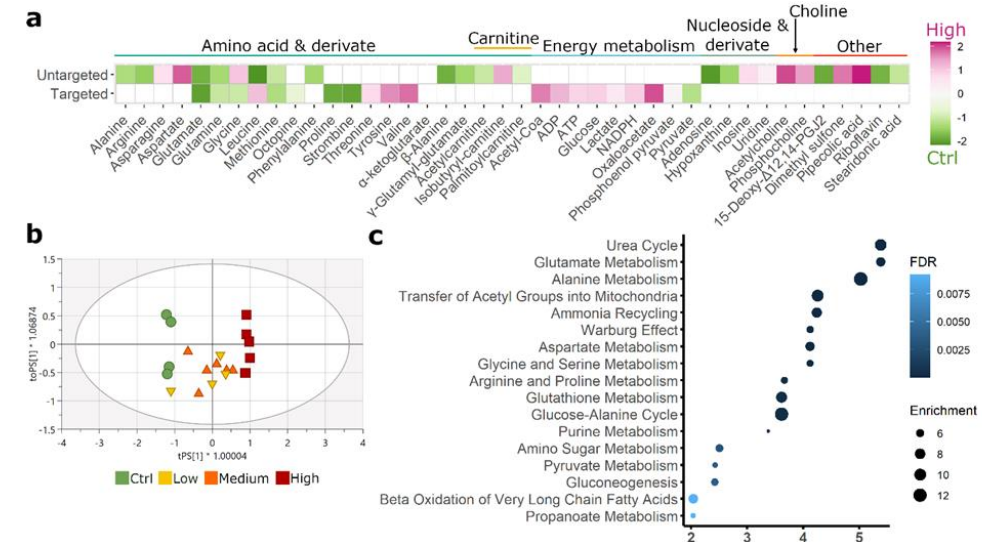
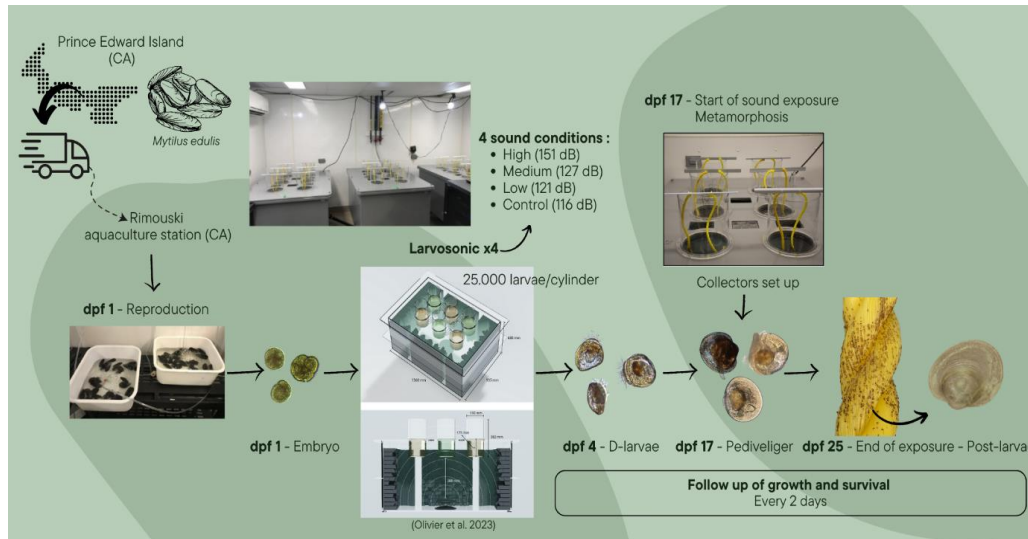
Expérimentation: Effet de l'exposition au son sur la diversité du recrutement des invertébrés





**140 dB re1μPa**  
**Seuil critique  
d'impact**

## Réponse métabolomique des larves de moules à l'exposition au son



En présence de son, particulièrement au-dessus de 150 dB, les larves perdent leur capacité à discriminer un habitat adéquat

Se fixent et se métamorphose sur un substrat plus tôt et investissent rapidement dans la croissance (dépenses métaboliques plus grande et réponse inflammatoire plus faible)



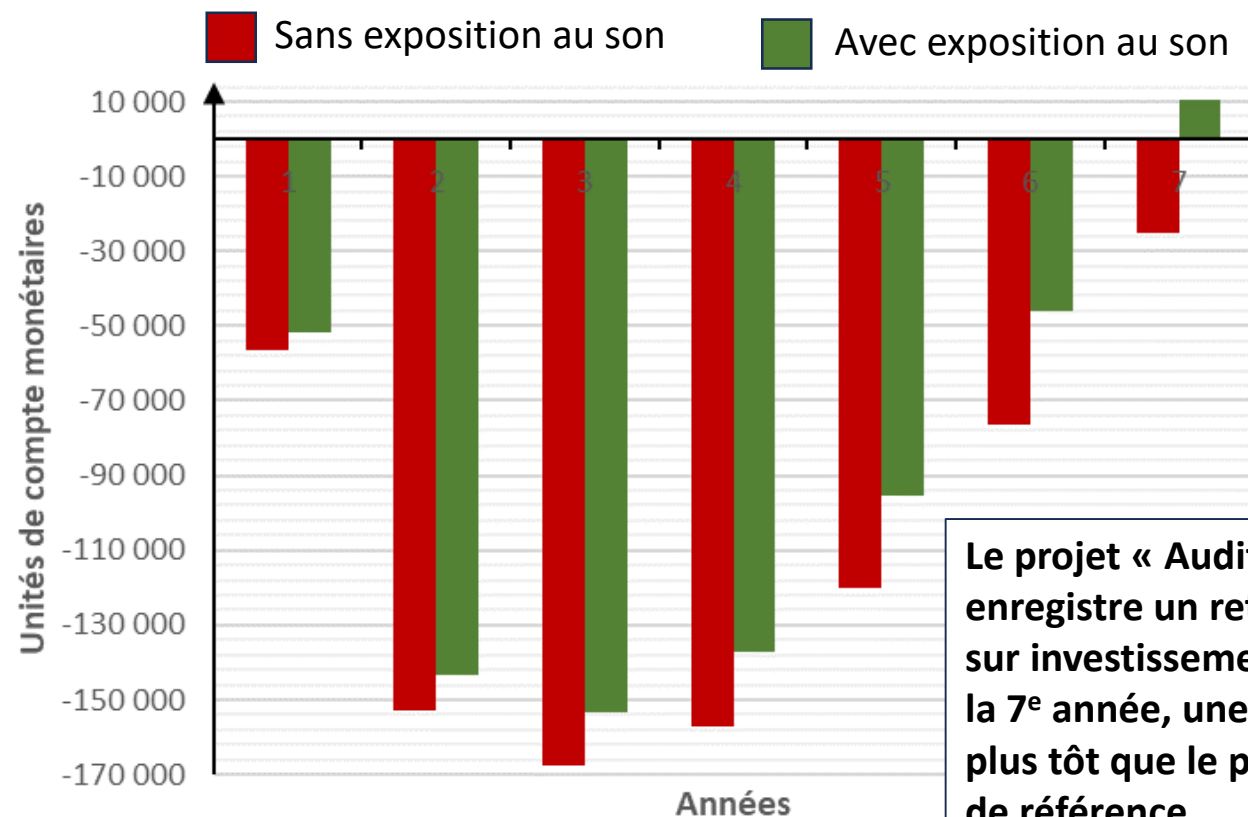
# AUDITIF

## Impact financier sur la mytiliculture

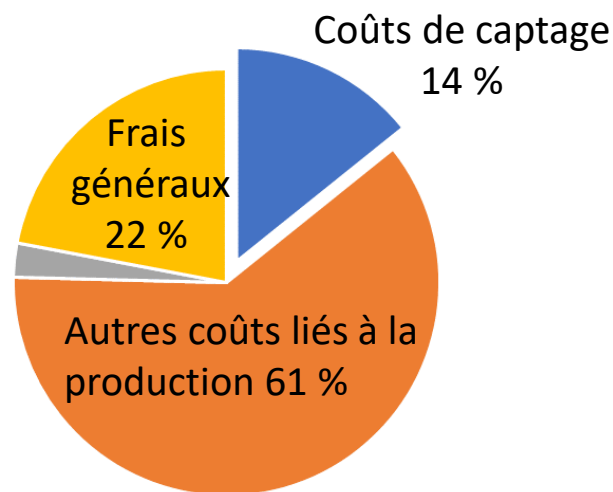
Rappel : l'exposition au son engendre un triplement de l'abondance du captage de naissain

Cas d'étude : entreprise mytilicole sur filières, produisant 162 tonnes de *Mytilus edulis* en routine, avec une montée en puissance sur 6 années

### Évolution du résultat net cumulé

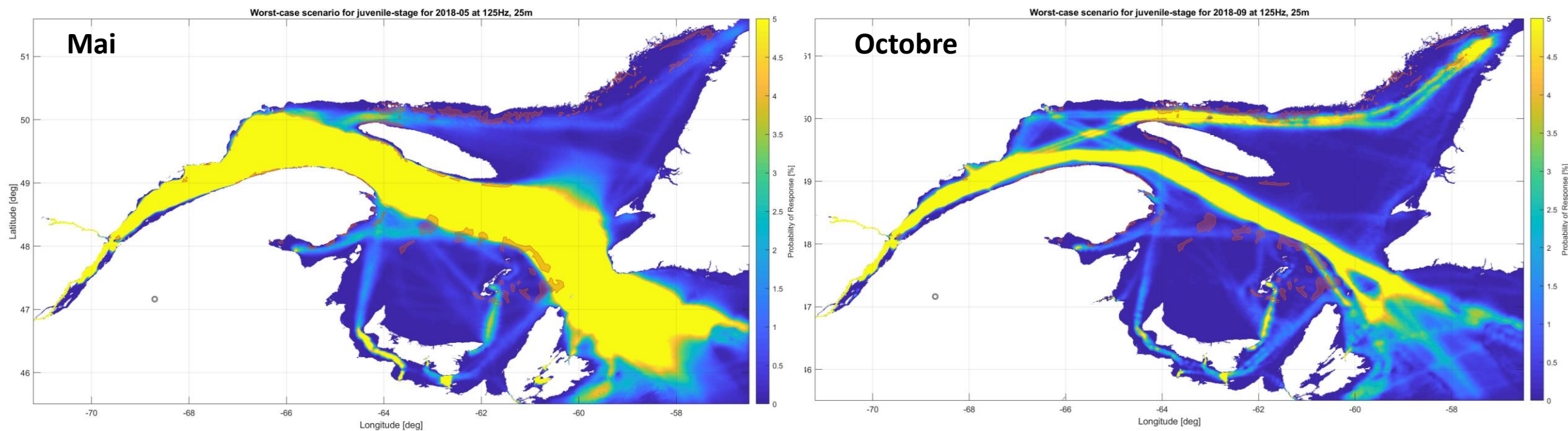


Le projet « Auditif » enregistre un retour sur investissement dès la 7<sup>e</sup> année, une année plus tôt que le projet de référence



Lien avec l'Atlas du paysage sonore marin du Saint-Laurent <http://soundscape-atlas.uqar.ca/>

### Carte de sensibilité des bancs de pétoncles géants au bruit des navires



Emphase

# EMPHASE

Effets indirects de l'activité **M**aritimo-**P**ortuaire :  
**H**ydrodynamique **A**ppliquée au transport  
**S**édimentaire et à l'**E**nvironnement



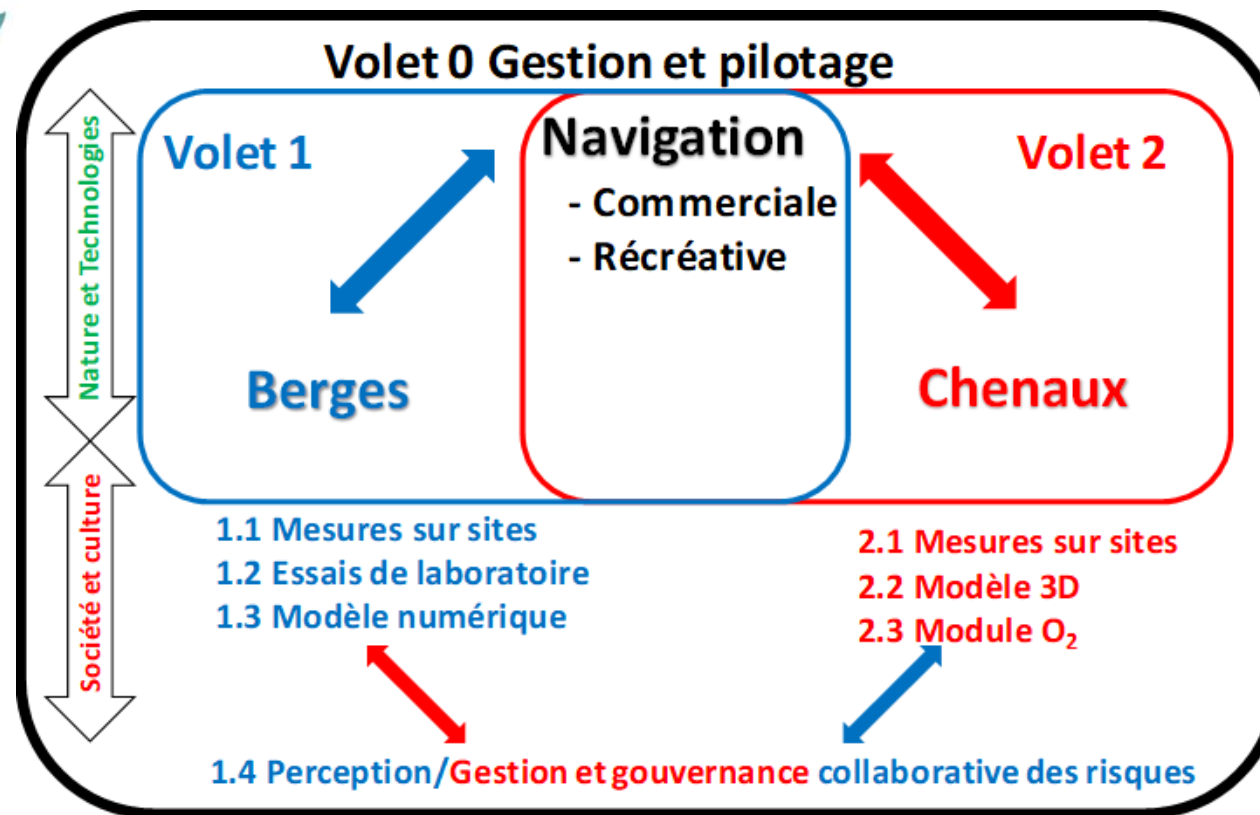
Nicolas Huybrechts (Fr) et Damien Pham Van Bang (Qc)

[Nicolas.Huybrechts@cerema.fr](mailto:Nicolas.Huybrechts@cerema.fr)

[Damien.Pham-Van-Bang@etsmtl.ca](mailto:Damien.Pham-Van-Bang@etsmtl.ca)

# Objectifs et originalités du projet

- Doter les instances décisionnelles, d'un outil performant et facile pour concilier l'usage *Navigation* (commerciale et récréative) avec les enjeux *SEE*.
- Réduire les *a priori* ou les croyances '*urbaines*' associés à la navigation en estuaire : l'érosion des berges et le dragage.
- Comparaison entre navigation de commerce et de plaisance
- Développement d'outil de modélisation 3D intégrant les effets de la navigation
- Secteur de la Garonne tidale: très turbide et peu étudiée



**Volet 1** Analyse des effets et des perceptions des navigations sur les érosions de berges.  
**Volet 2** Modèle 3D innovant d'opérations de maintenance des chenaux de navigation.

# Sites atelier



**QC (Québec)** Vercheres-Sorel (Q1), Port de Quebec (Q2), Port de Trois Rivières (Q2bis)  
**FR (Bordeaux)** Ambès (B1), Grand Port Maritime (B2), Cadillac (B2\_bis)

# Valeur ajoutée de l'interdisciplinarité, de l'intersectorialité, et de la transdisciplinarité

- Mécanique des fluides (expérimentale ou numérique) avec de la géologie/mécanique des sols et un peu de biochimie (O<sub>2</sub>/SPM)
- **Échanges avec sciences sociales et aspects juridiques.**
- Instituts de recherche (Cerema-LHSV, U. Bordeaux, U. Poitiers, INRS et U. Montréal),
- Ports de Bordeaux, Québec, et Trois-Rivières.
- Un regroupement d'intérêts portuaires (TMQ-MerLIN), une société économique du secteur maritime (Sodes)
- Une instance représentant les premières nations (GCNWA).

# Perception des risques érosifs au Québec

- **Perception des risques**
  - L'érosion une préoccupation secondaire (Population et paliers gouvernementaux).
  - Sentiment de sécurité (variation entre expositions et les profils socio-économiques).
  - Association des risques (transport maritime, activité humaine, inondations et érosion).
- **Gestion des risques**
  - Imputabilité floue et frustration citoyenne (financement limité et manque de soutien).
  - Manque de communication des risques (plan de gestion et moyen d'information).
  - Absence de résilience communautaire (entraide et réseaux sociaux).
- **Relations et gestion politique**
  - Relations et gestion politique
  - Compétence partager et inactions (les multiple juridiction et bord de fleuve).
  - Décentralisation et déresponsabilisation (tension interne et manque de soutien).

*Enquête menée par entrevues semidirigées auprès de 85 participants (57 citoyen.nes et 28 politico-administrative), 225 photos et 35 pages de notes in situ, transcription des entrevues (+ de 2450 heures), analyse de données par logiciel Nvivo*

# Analyses comparées de droits

*Loi de 2001 sur la marine marchande*  
*Loi sur le pilotage (+OMI, Garde cotiere)*  
*Loi sur les pêches*



Canada

*Guide sécurité nautiques*  
*(Transports Canada)*

Commercial



Plaisance



*Droit maritime Vs Droit fluvial*  
*Droit intermédiaire 'fluvio-maritime'*  
*(Royan-1er Pont)*

*Décret n°59-951 du 31 juillet 1959*

*Décret du 26 août 1857*

*(droit fluvial jusqu'à Royan)*

*Règlement particulier de police du port de*  
*Bordeaux*

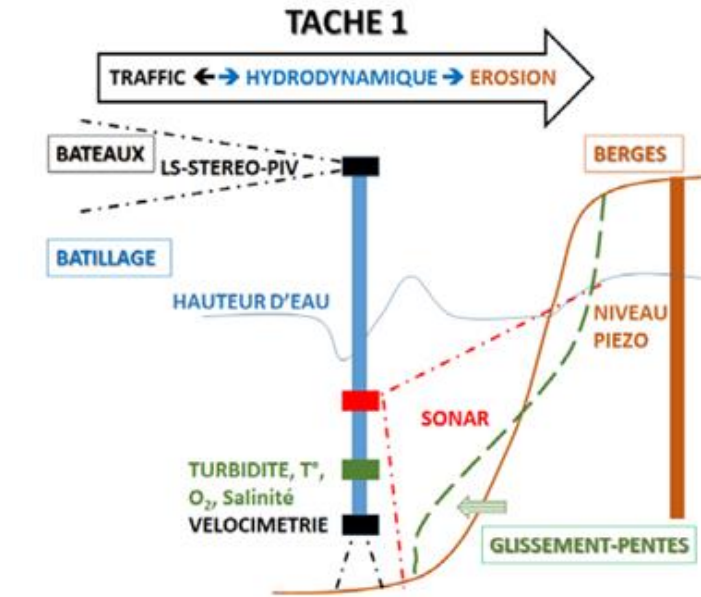


France

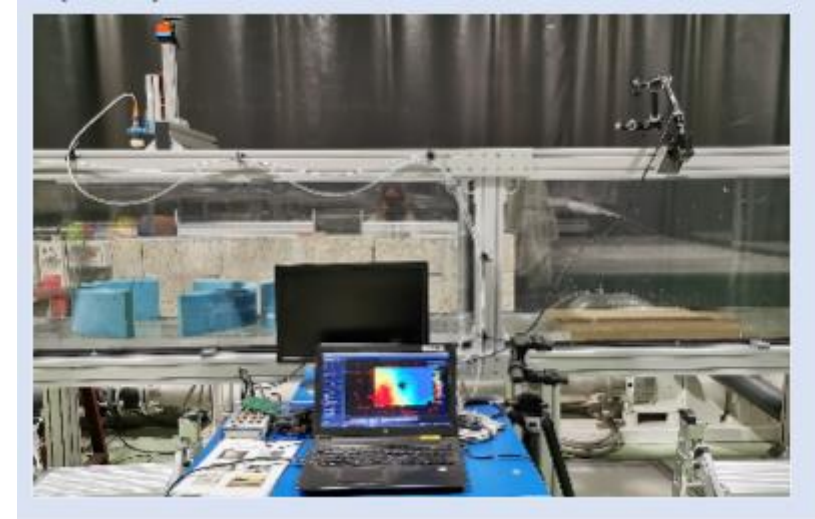
*Code des transports*

- *Règlement général de police de la navigation intérieure (RGPNI)*
- *Règlement particulier de police de la navigation intérieure (RPPNI)*
- *Règlements locaux de la station de pilotage de la Gironde*

# Observation d'une campagne de dragage (Port de Québec)

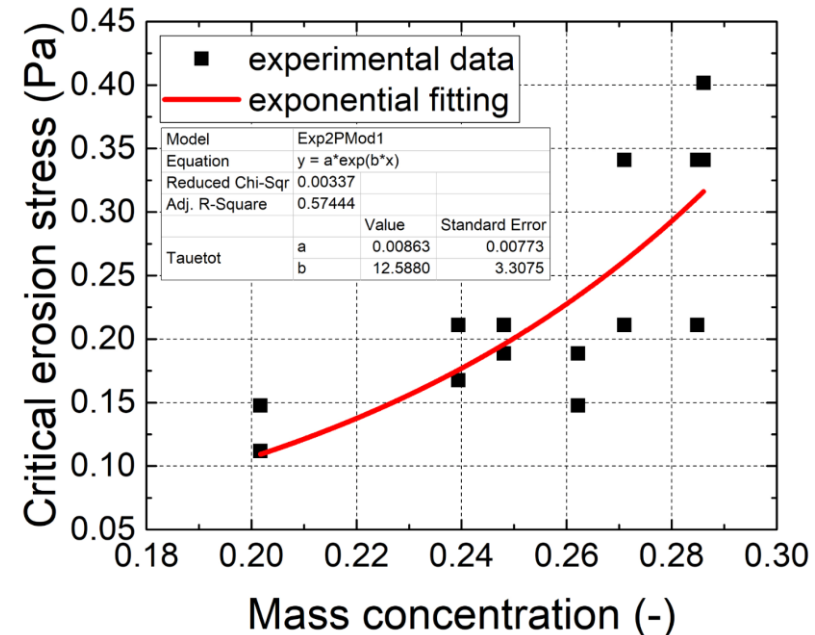


# Approches terrain-laboratoire : caractérisation de l'érosion des vases (naturelle et synthétique)



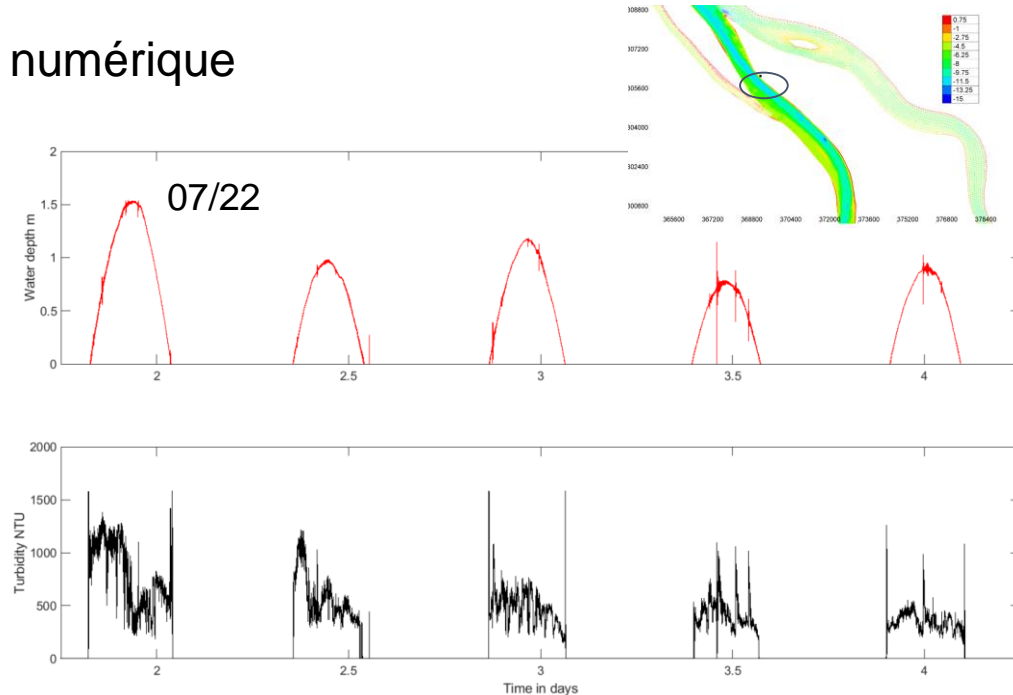
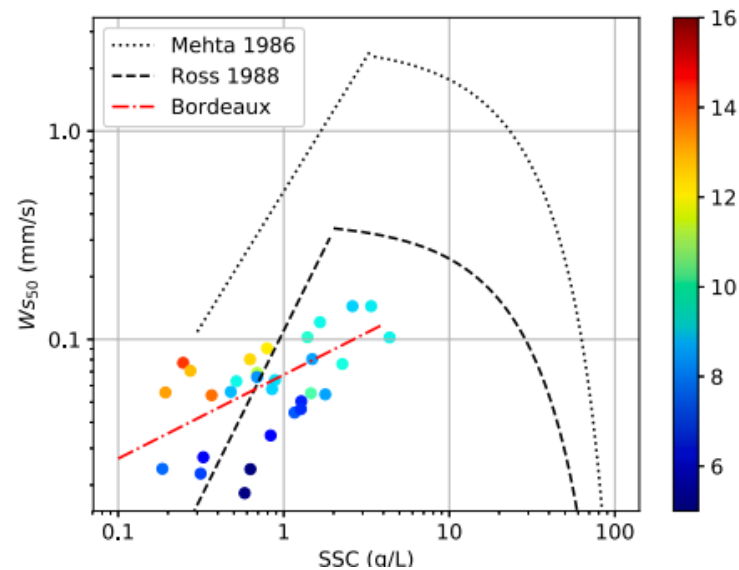
- Analyse rhéologique
- Détection des seuils de mise en mouvement (PIV)
- Établissement de lois empiriques

**Lecostey et al (2022)**  
**Gomit et al (2024)**

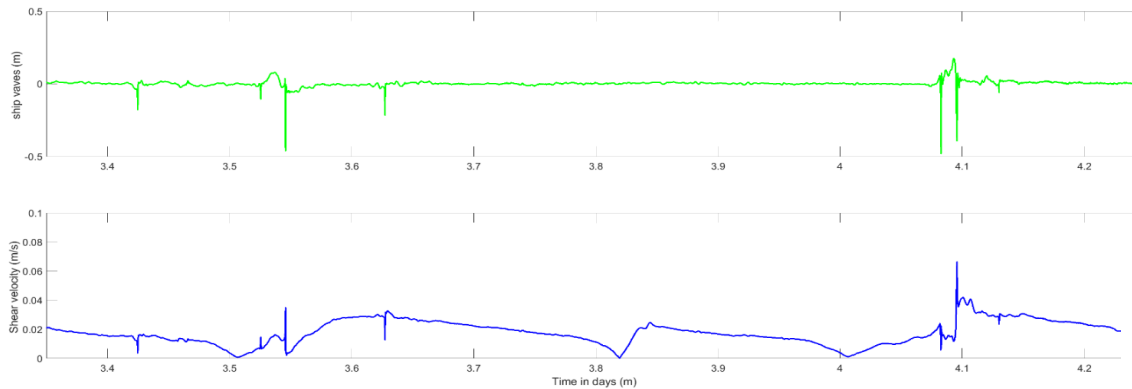
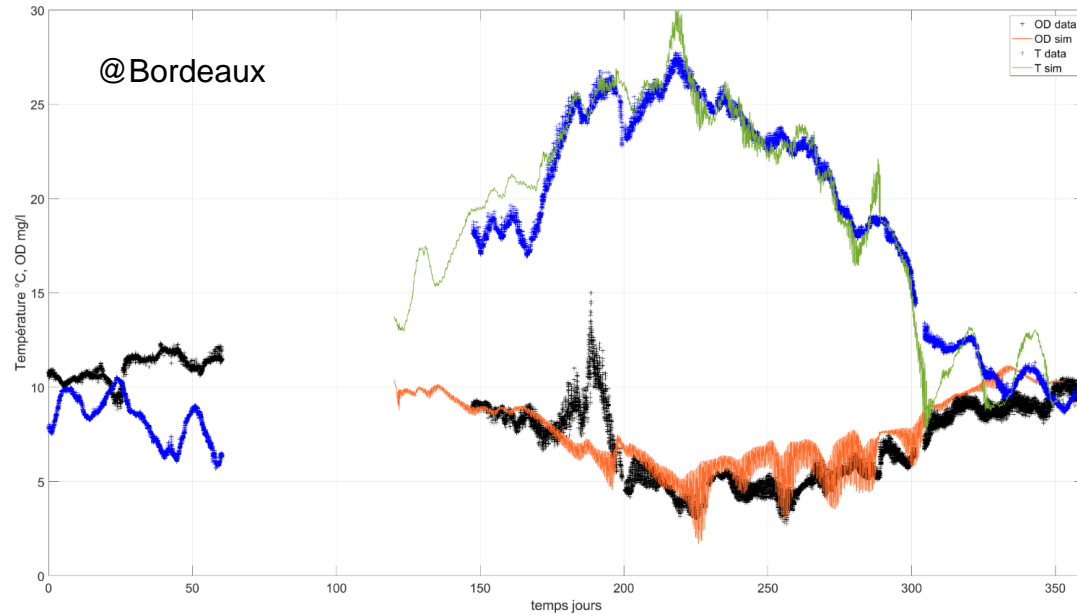


# Mesures in situ : connaissance et modélisation

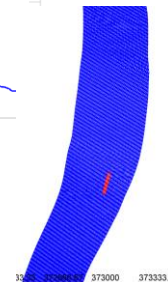
- Campagne de mesures à Ambès (B1) Bordeaux et Cadillac (B2, B2\_bis)
- Mesure in situ de l'impact du trafic sur la voie d'eau pour différents types de navires
  - Mesures des niveaux d'eau et de turbidité
  - Suivi de la navigation
- Estimation de la vitesses de chute des sédiments dans la Garonne tidale (**Defontaine et al 2023 & 2024**)
  - System for the Characterization of Aggregates and Floccs (SCAF)
  - Variation intra-tidale
  - Implémentation dans le modèle numérique



# Modèles 3D innovants pour les activités portuaires et l'environnement marin

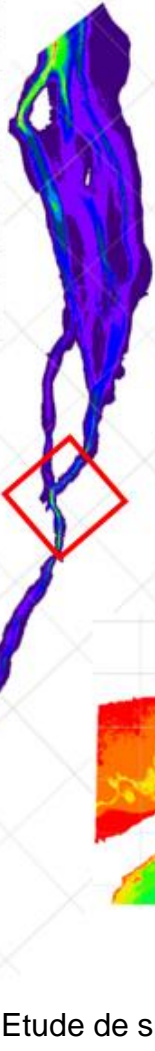


- Modélisation 3D hydrosédimentaire, morphodynamique et de la qualité des eaux
  - Robustesse du modèle pour modéliser les variations saisonnières (**Huybrechts et al 2022, Do et al 2024**, marée, sédiment, dépôt)
  - Intégration des opérations de dragages, de la température de l'eau, de l'oxygène dissous (**Saulnier et al 2023**, NH4 et Phytoplancton)
- Prise en compte de la navigation dans une modélisation opérationnelle 3D hydrodynamique fine
  - Prise en compte de 17 navires sur les 5 jours. Ondes 0.25-0.5 m => impact sur les remises en suspension

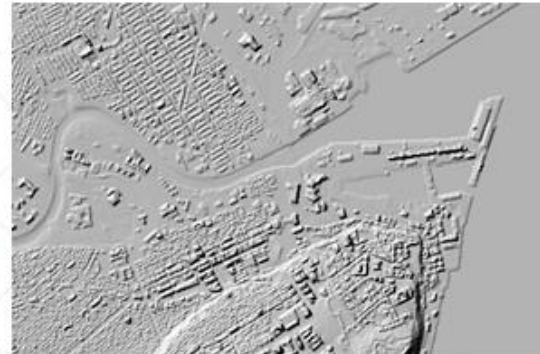


# Nouveaux modèles 2D et 3D du Saint-Laurent à Québec

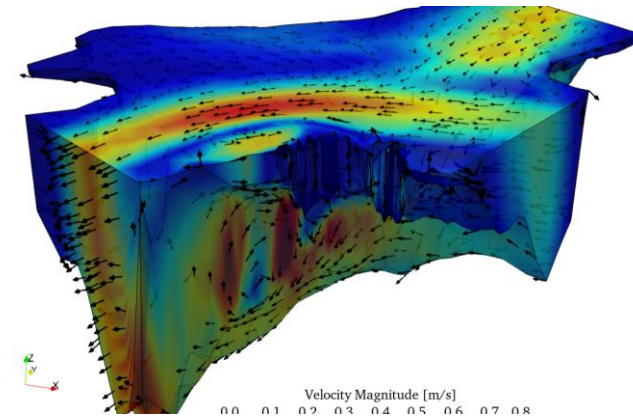
## SONAR-BATHY



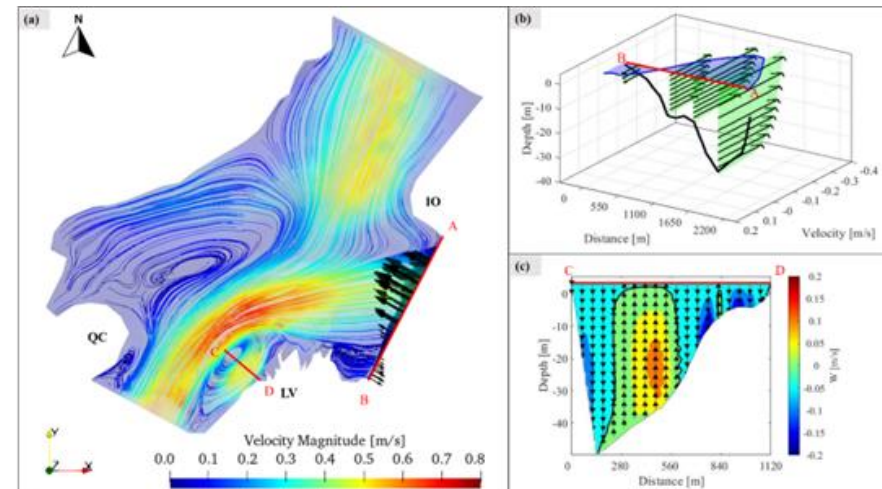
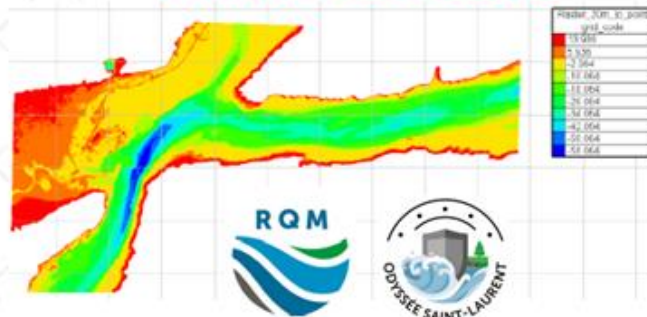
## LIDAR-TOPO



## Modélisation 3D – Turbidité et O2



## FUSION TOPO-BATHY



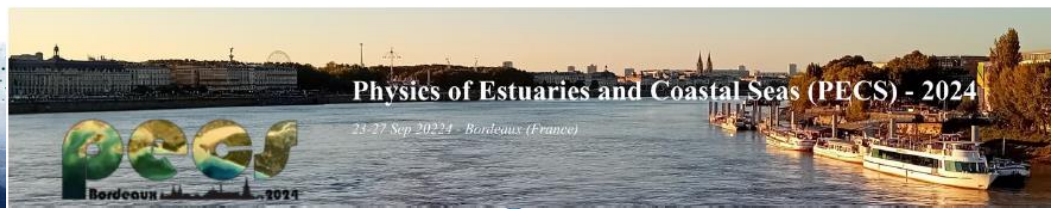
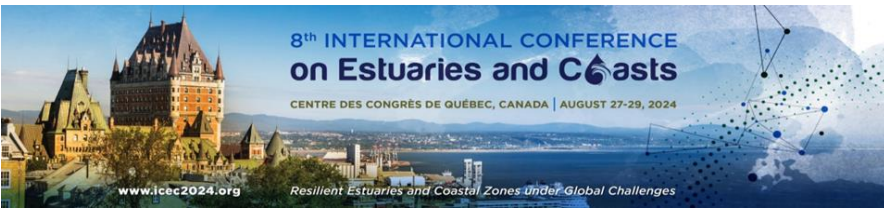
Etude de submersion – tempête Elliot, dec. 2022, **S. Abair et al. (Nat. Hazards, 2024, in rev)**  
**Jumeaux numérique (Bordeaux + Québec, F. Klein)**

Tidal junction  
**M. Le Mouel et al. (ECSS, 2024, in rev)**

# Bilan et perspectives

- Projets initiés en lien avec Emphase:
  - convention R&D GIP LE et EPTB Saône Doubs (Cerema) et , ANR INFLUE (Pprime, Cerema), ANR JCJC Platineest (Epoc, Pprime, Cerema), OFB-Dileme (Epoc, Cerema), PEPR-Irima (Bordeaux, Nouvelle Aquitaine)
  - MEOPAR-RQM-Inedine (Ontario-Quebec), RQM-PLAINE-Verbatim (INRS-ETS-Port de Montreal), RQM-OSL-Osirisq (INRS-ULAVALE-UQAR), CMQ-Osirisq2, bourse de thèse (Port de Montreal), ROBVQ-AM-Navia,MRIF-Vietnam sur les écoulements estuariens
- Organisation de deux conférences internationales: Pecs (Epoc), ICEC (ETS)
- 1 article publié, 3 en review, 2 en préparation.
- 2 bourses MITACS-Globalink
- Développement mutualisé avec les JNDF de l'estuaire de Gironde
- Perspectives: projet Cerema-Brgm sur l'érosion des berges du Maroni (Guyane), ADEME Conscience (GPMB JNDF -Gironde et Loire)

*Formation de PHQ (personels hautement qualifiés): 3 post-doc, 3 doctorants,  
+ de 10 étudiants au 1er et 2ème cycles)*



Fonds  
de recherche  
Québec 

anr  agence nationale  
de la recherche

# Merci de votre attention



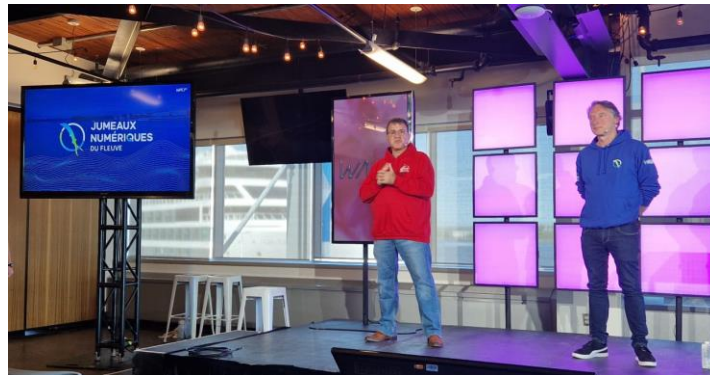
*Equipe France-Quebec sur le Saint-Laurent (été 2022)*

# Témoignage de partie prenante

Fabrice Klein, Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB, France)

EMPHASE : catalyseur de collaboration franco-canadienne autour des jumeaux numériques des grands estuaires

- Partage des **expertises** autour de la modélisation numérique des estuaires majeurs
- Présentation au **Web à Québec** de la collaboration Franco-Canadien (GPMB, 2023)
- Des échanges entre les ports **Franco-Canadien** (Bordeaux, Québec, Montréal)
  - Le port de **Montréal** se lance dans la construction de jumeaux du numériques du Saint-Laurent
  - Une **collaboration** Port de Montréal - ETS - GPMB



WAQ 2023, présentation des jumeaux numériques du fleuve et du démonstrateur sur le Saint-Laurent, grâce à l'intégration des travaux EMPHASE dans les outils



L'équipe du Port de Québec reçoit une délégation du Port de Bordeaux, mai 2023

# Les Jumeaux Numériques De Fleuves

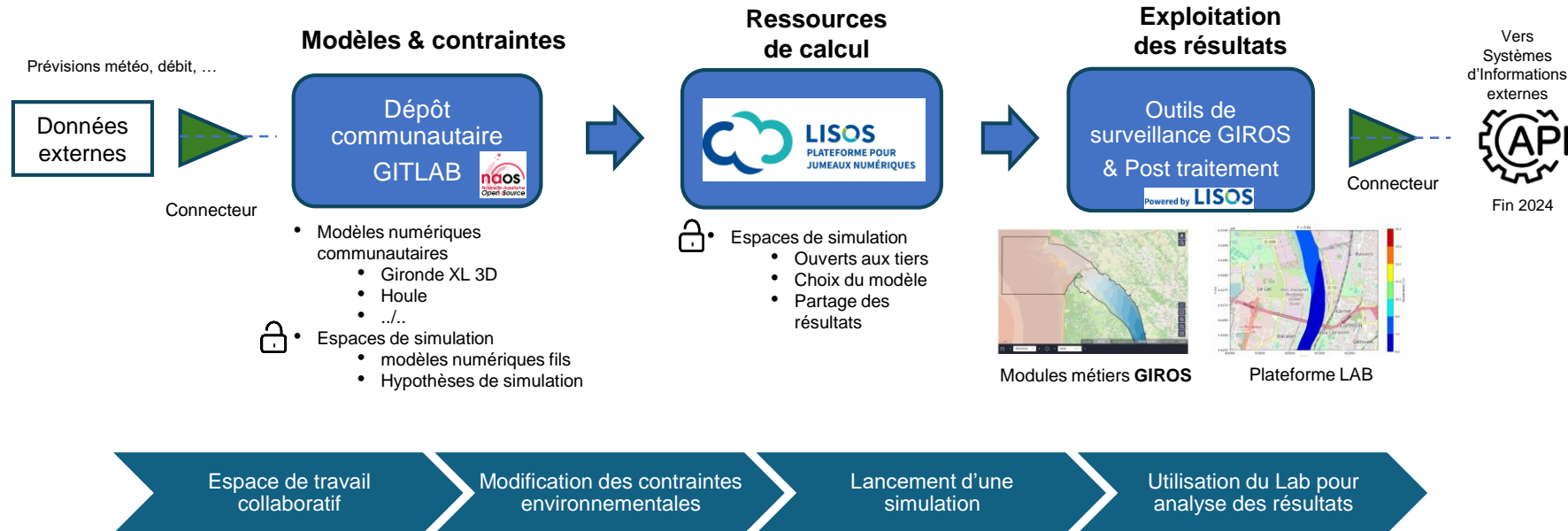
## Les objectifs des JNDF



- **Mutualiser** les efforts et **partager** les résultats pour **fédérer**
- Explorer des scénarii d'adaptation (simulations numériques)
- Développer une communauté
- Créer des **communs numériques** avec une gouvernance partagée
- Diffuser des prévisions (météo du fleuve)
- Favoriser la **réplicabilité**

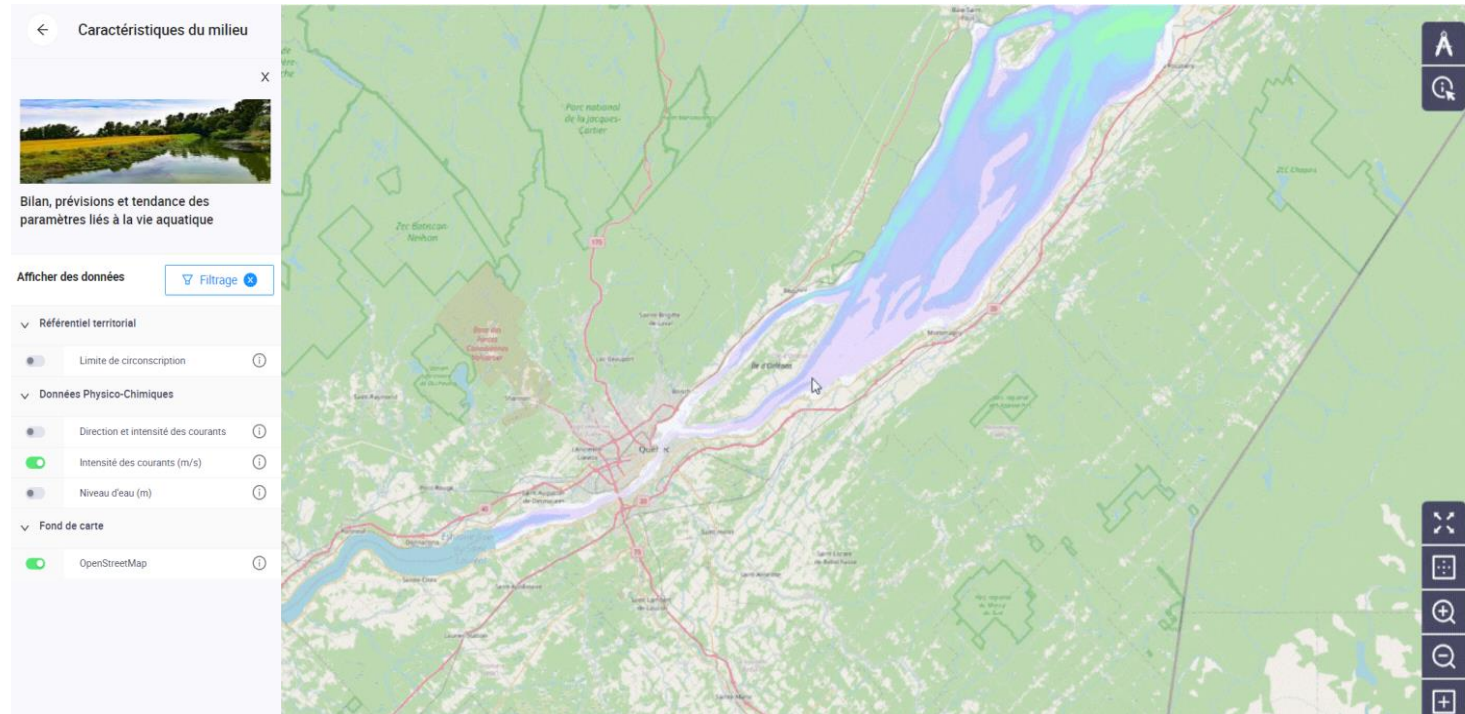
<https://www.linkedin.com/company/jumeaux-num%C3%A9riques-du-fleuve/>

# Les plateformes



<https://www.linkedin.com/feed/hashtag/?keywords=jumeauxnum%C3%A9riquesdufleuve&highlightedUpdateUrns=urn%3Ali%3Aactivity%3A7170735040845352960>

# Un démonstrateur sur le Saint-Laurent



Kit de découverte pour les développeurs :

Fichiers d'exemple SLF (format Selafin **actuel**, [www.opentelemac.org](http://www.opentelemac.org)) :

Estuaire de la **Gironde** : Forge NAOS

[F-Klein@bordeaux-port.fr](mailto:F-Klein@bordeaux-port.fr)

Estuaire du **Saint Laurent** : demande à faire à l'équipe du Pr Damien Pham Van Bang [Damien.Pham-Van-Bang@etsmtl.ca](mailto:Damien.Pham-Van-Bang@etsmtl.ca)

Bibliothèque d'analyse des résultats :

Forge NAOS



# Paints

# Vers une navigation éco-responsable : des revêtements antifouling innovants pour lutter contre le biofouling et le transfert d'espèces en milieu marin

Réunion de clôture Appel à projet France-Québec, 10 octobre 2024

UQAR SMER

LABORATOIRE  
MAPIEM

UNIVERSITÉ DE  
TOULON



# Le biofouling et la navigation

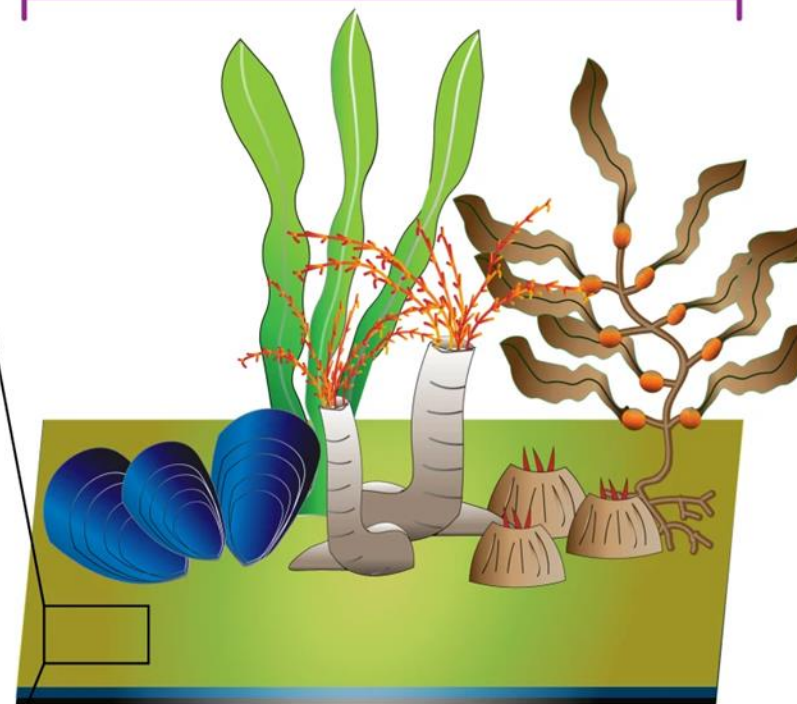
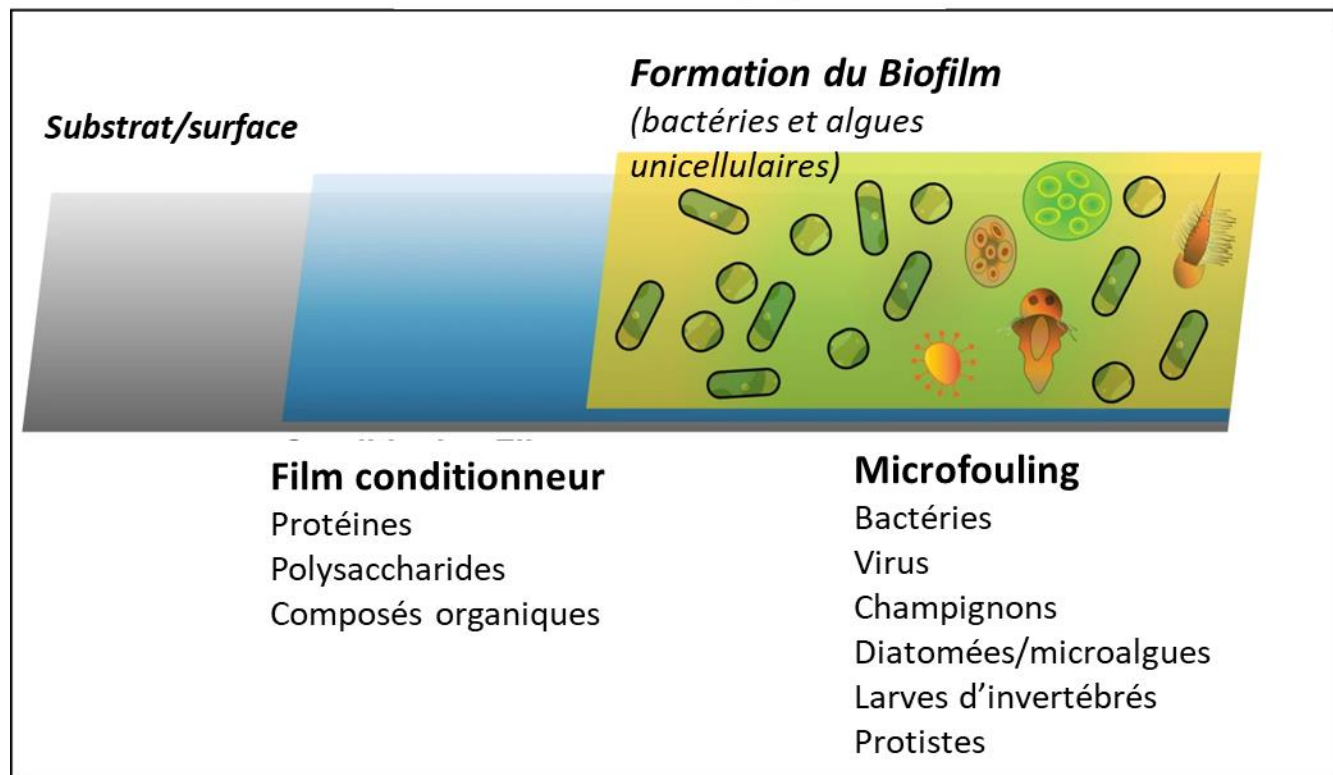
- Colonisation biologique des surfaces dans les milieux aquatiques



# Analyse de la biodiversité par séquençage ADN

## Analyse de la biodiversité par photographie numérique

échelle microscopique



Temps

Minutes/heures

Heures/jours

Semaines/mois

# Le biofouling et la navigation

- Colonisation biologique des surfaces dans les milieux aquatiques
- Impact pour la navigation
  - Réduction de l'hydrodynamisme
  - Hausse des coûts de carburant
  - Hausse des frais d'entretien
  - Baisse de la durabilité des matériaux (hausse de la corrosion)
- Impact pour les écosystèmes :
  - Augmentation des émissions de GES dans l'atmosphère
  - Transfert potentiel d'espèces indésirables (ex. crépidule en Europe, ascidie plissée au Canada)



# Les solutions antifoulings actuelles

☞ Peintures avec biocides (Cuivre, Zinc, et autres...). Plus de 90% des navires en circulation utilisent ces peintures

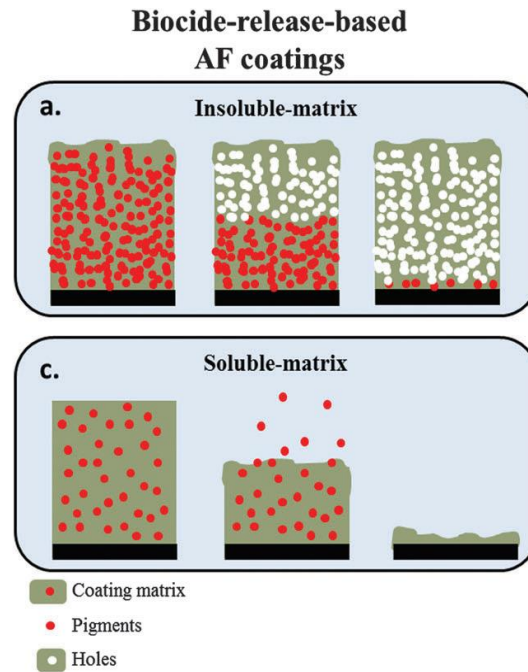
☞ Peintures sans biocides limitant la colonisation en modifiant les propriétés mécaniques de la surface inhospitalière à la fixation des organismes colonisateurs

☞ Nettoyage régulier

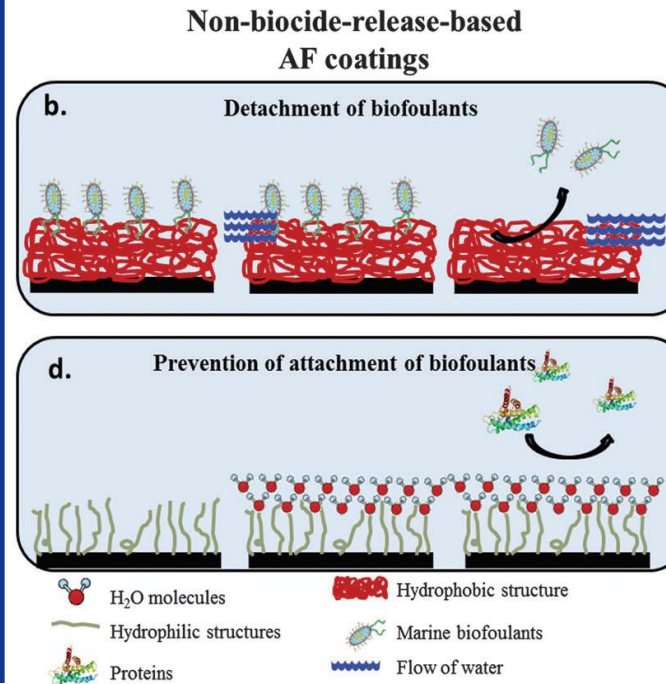


# Revêtements antifouling – Deux stratégies

## Revêtements antiadhésifs biocides (action chimique)



## Revêtements anti-salissures FRC (action physique)



## Revêtements antiadhésifs biocides (action chimique)

- Environment 😞
- Efficacité 😊

Matrice polymère : érodable/biodégradable

## « Fouling Release Coatings » (FRC) :

Sans biocides

- Environnement 😊
- Peu efficace en période statique 😞

Matrice polymère : PDMS, ...

# PAINTS : un premier pas vers l'éconavigation ?

*L'éconavigation, dans le secteur de la plaisance regroupe l'ensemble des techniques et pratiques écologiques liées aux activités maritimes.*



Un projet international, multidisciplinaire et intersectoriel, combinant sciences sociales et sciences Nature et Technologies

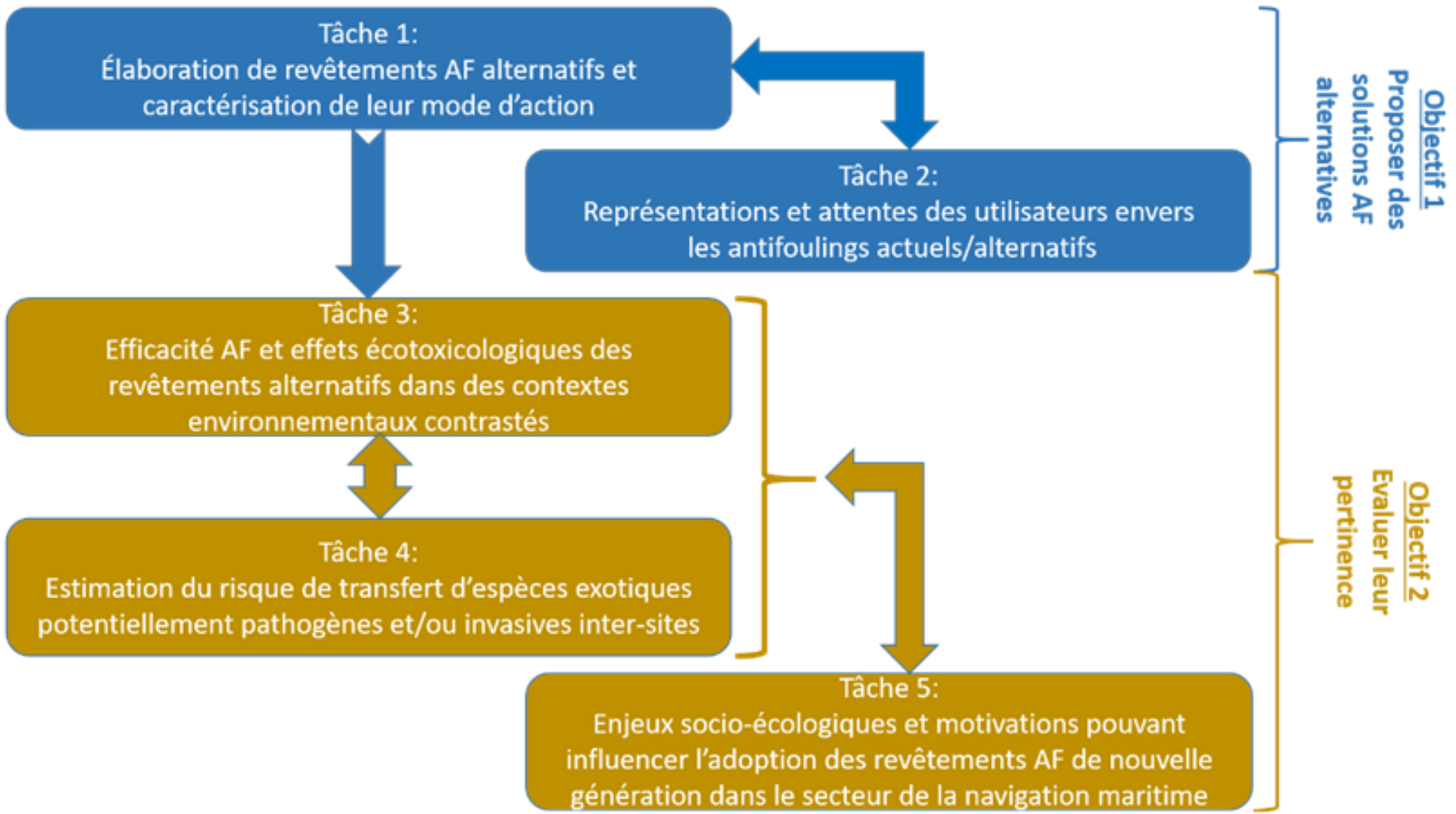
Proposer des **solutions écoresponsables** pour lutter efficacement contre la colonisation biologique (biofouling) des surfaces immergées tout en limitant la dispersion de contaminants toxiques et le transfert d'espèces exogènes dans le milieu marin

**Sensibiliser et guider les usagers des milieux marins** vers une réduction de l'empreinte écologique de la navigation, et plus particulièrement celle impliquant l'utilisation des peintures antifouling avec biocides.



Pour plus d'informations : <https://paints.univ-tln.fr/>

Tâche 0:  
Coordination + Gestion du projet + Valorisation des résultats



# Tâche 1 : Élaboration de revêtements alternatifs et caractérisation de leur mode d'action

## 1.1 : Préparation des revêtements

|                 |   |
|-----------------|---|
| Lorient (LBCM)  | PDMS-PAA  |
| Lorient (LBCM)  | PHB-HV + PHA-PEG                                  |
| Nautix          | PDMS-PEG  |
| Nautix          | Polymère acrylique + prot végétales               |
| Toulon (MAPIEM) | PDMS-PEG (≠ sur microstructure, MM et proportion) |
| Toulon (MAPIEM) | PDMS-PEG (≠ sur microstructure, MM et proportion) |
| MIRAPAKON       | Xérogel hybride à base de silice                  |
| UQAR            | Base xérogel Mirapakon                            |

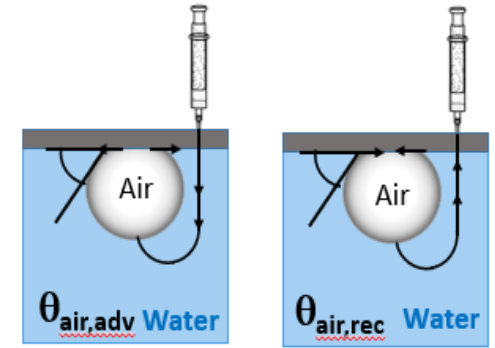
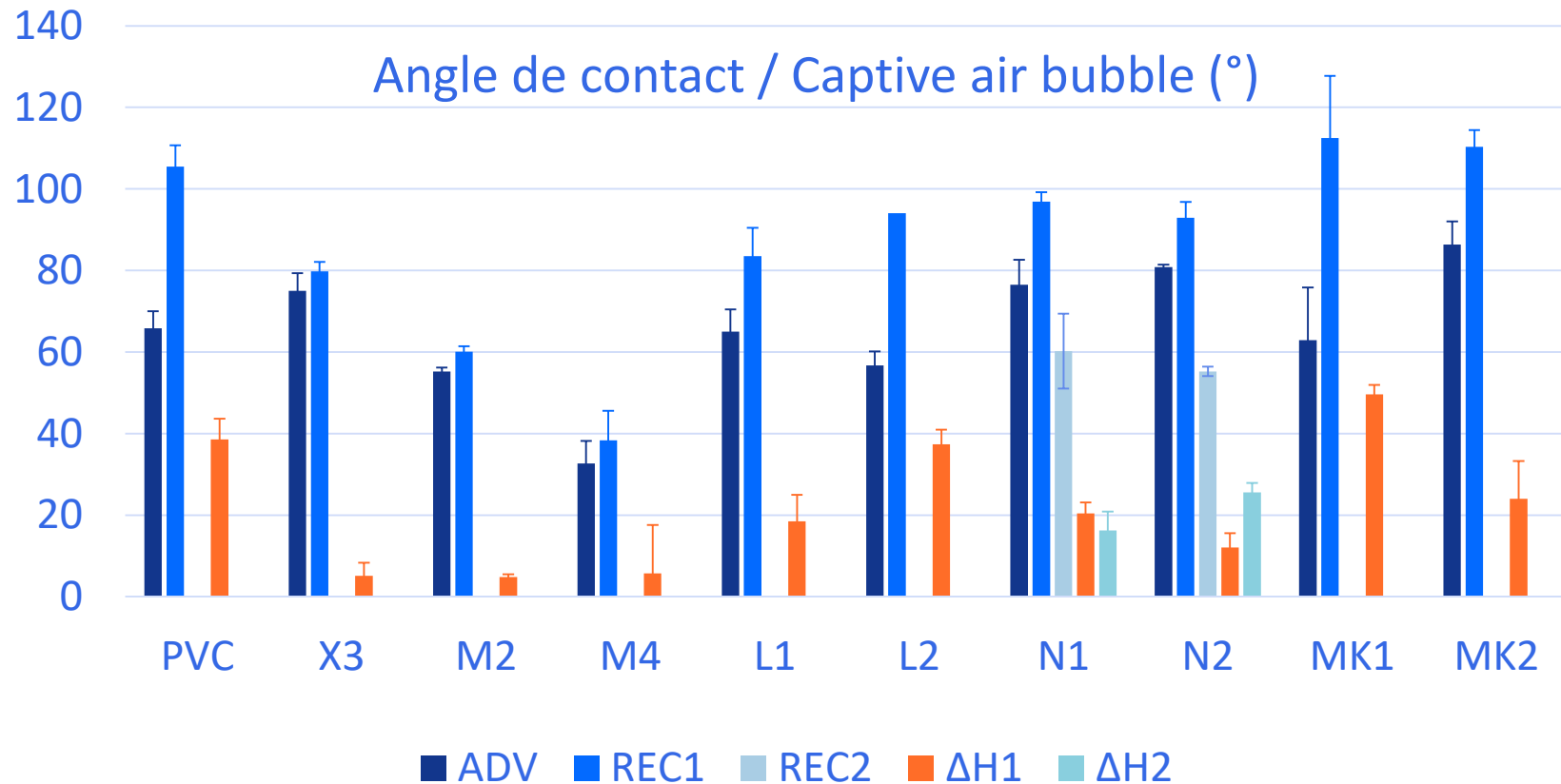
=type xérogel, élastomères silicones et polyesters  
(3104 coupons pour tâche 1 + 510 coupons pour tâche 3/4)



# 1.2 : Caractérisation des revêtements

- 👉 propriétés de surface (rugosité, mouillabilité, aspect)
- 👉 propriétés massiques (module d'élasticité, température de transition vitreuse, hydratation)
- 👉 principales fonctions chimiques  
(ATR-FTIR, MEB, Coulométrie Karl-Fisher, goniométrie, Raman, XPS et AFM)

Ex.: Mouillabilité



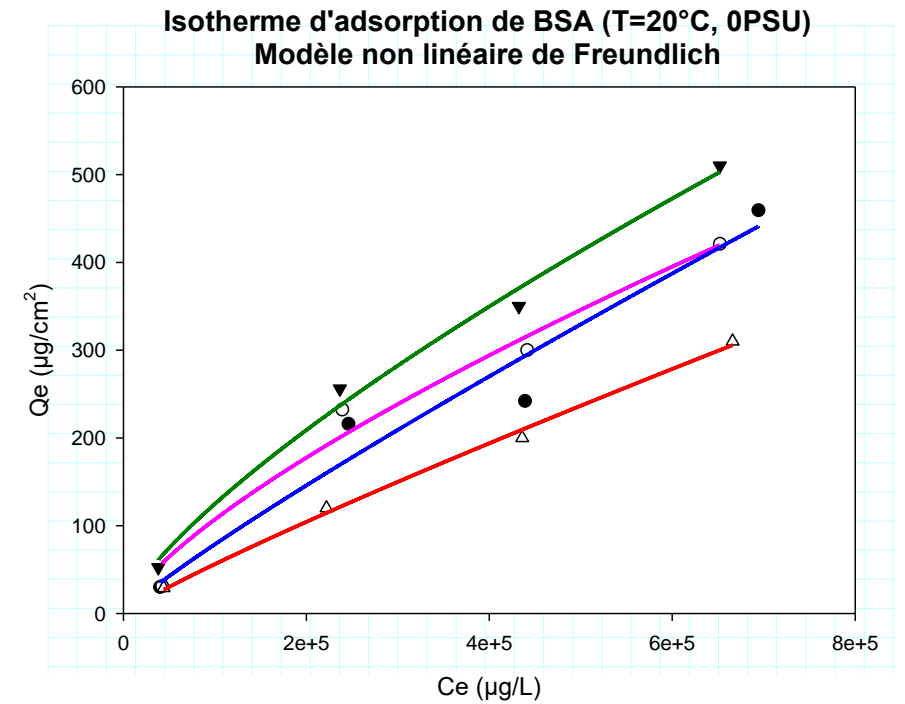
## 1.3 : Film conditionneur

(spectroscopie Raman et FTIR / analyse XPS)

Ac. caproïque (AG)-BSA (prot.)-Mat Orga Nat

Ads = fct (sal / temp)

- ➡ Adsorption diffère selon les revêtements
- ➡ Bonne résistance des revêtements à la dégradation par l'eau
- ➡ Formation rapide (15 min.) du FC sur les revêtements
- ➡ Faible salinité (2PSU) et température (4°C) provoquent une diminution de l'adsorption de molécules modèles du FC sur les revêtements



# Tâche 3 : Efficacité antifouling et effets écotoxicologiques des revêtements alternatifs dans des contextes environnementaux contrastés

## 3.1: Efficacité AF

- Référence commerciale X3 (Hempel)= X3
- PVC = contrôle de colonisation
- 8 revêtements alternatifs sans biocides :  
MK1, MK2, M2, M4, N1, N2, L1, L2

👉 Immersions statiques & dynamiques

## Détermination du facteur d'efficacité N :

Biofouling Methods  
(Bressy et al., 2014)

**Table 12.4** Intensity factor (IF) used for calculating N; rating in order of increasing the degree of coverage

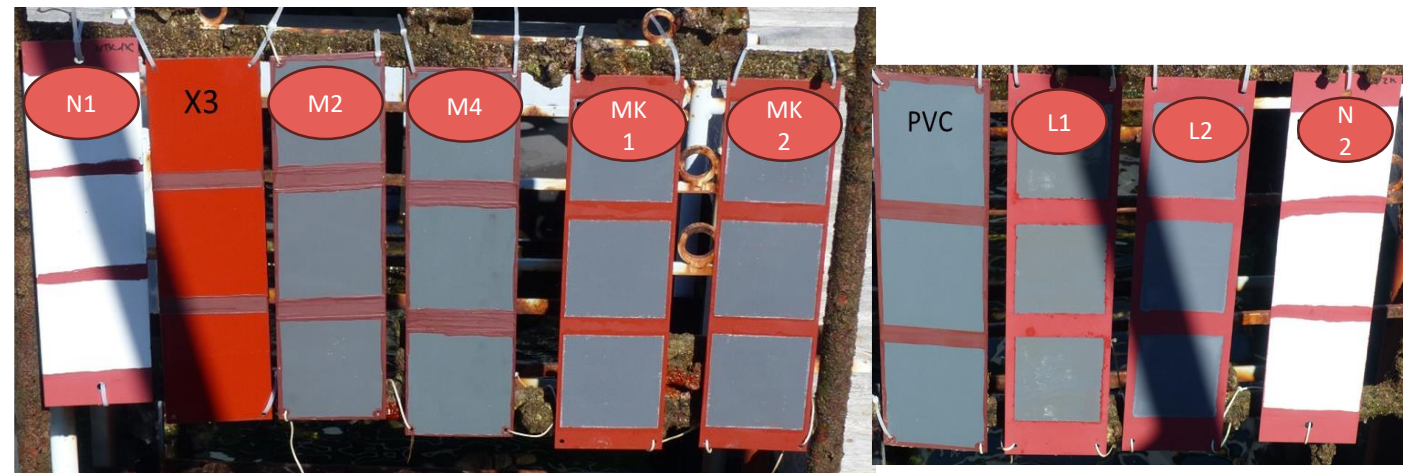
| Percentage of area covered for each type of organisms | IF |
|---|----|
| no fouling  | 0  |
| 0 – ≤10   | 1  |
| 10 – ≤20  | 2  |
| 20 – ≤40  | 3  |
| 40 – ≤60  | 4  |
| 60 – ≤100   | 5  |

Facteur d'efficacité

$$N = \Sigma(IF \times SF)$$

**Table 12.5** Severity factor (SF) used for calculating N; rating in order of increasing severity.

| Type of organisms  | SF |
|--|----|
| Slime (biofilm)  | 1  |
| Algae (brown, green, red)  | 3  |
| Nonencrusting macroorganisms (ascidians, hydroids, solitary sponges, branched bryozoans)                 | 4  |
| Encrusting animal organisms (barnacles, bryozoans, tubeworms shellfish, coral algae, encrusting sponges) | 6  |



# 5 sites d'études contrastés aux plans climatique, social et réglementaire

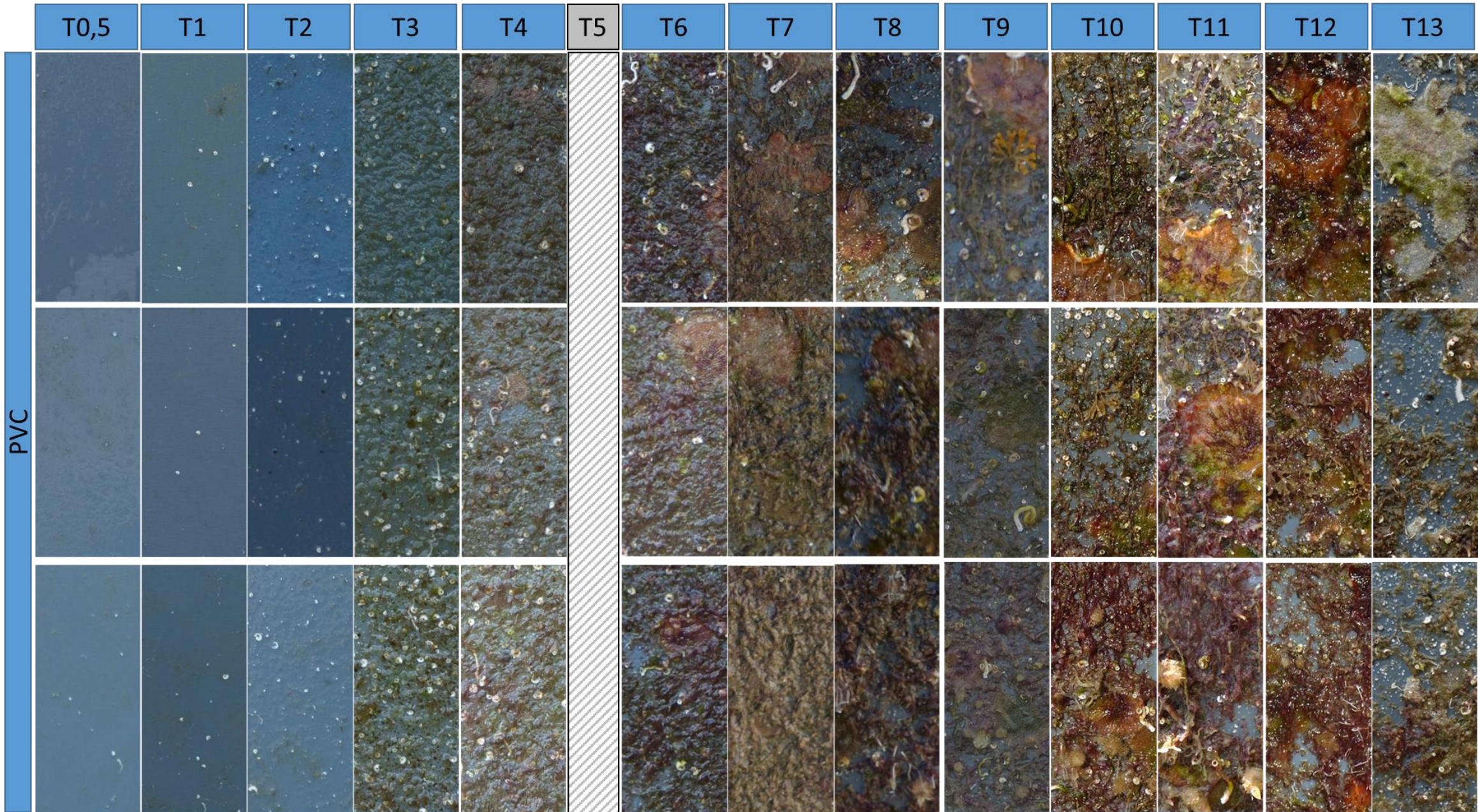
- Ile de la Réunion / Océan Indien:  
Le Port
- France métropolitaine /  
Mer Méditerranée : Toulon  
Océan Atlantique : Lorient
- Québec / Estuaire du St Laurent:  
Rimouski  
Sept-Iles

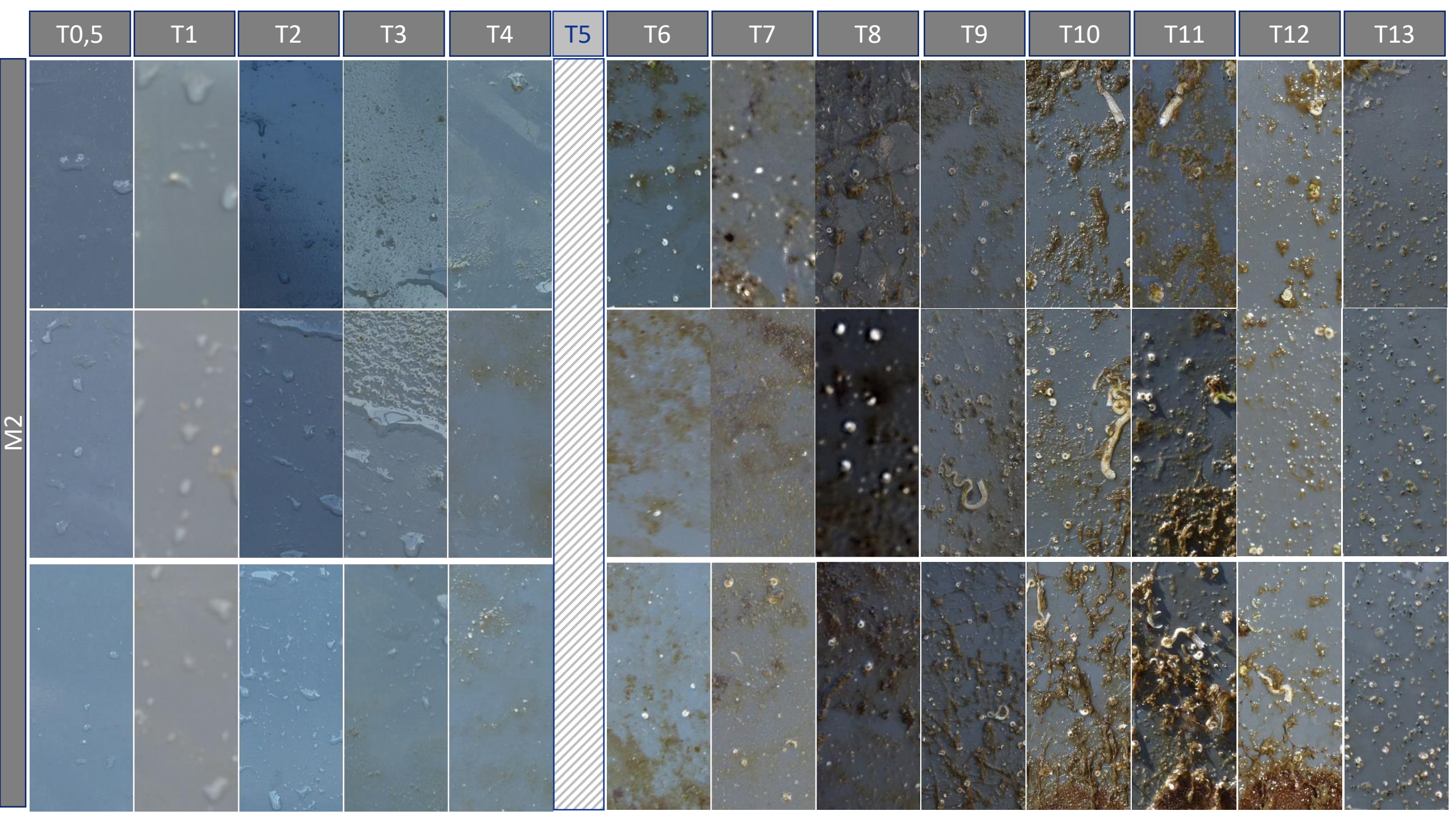


Immersion :

1 an (mai 2021-2022) pour T - L - R (Fr)  
6 mois (mai à oct. 2021) pour R-SI (Qc)

# Colonisation – Mer Méditerranée (13 mois)





# Colonisation - La Réunion (12mois)

**N1**

**X3**

**M2**

**M4**

**MK1**

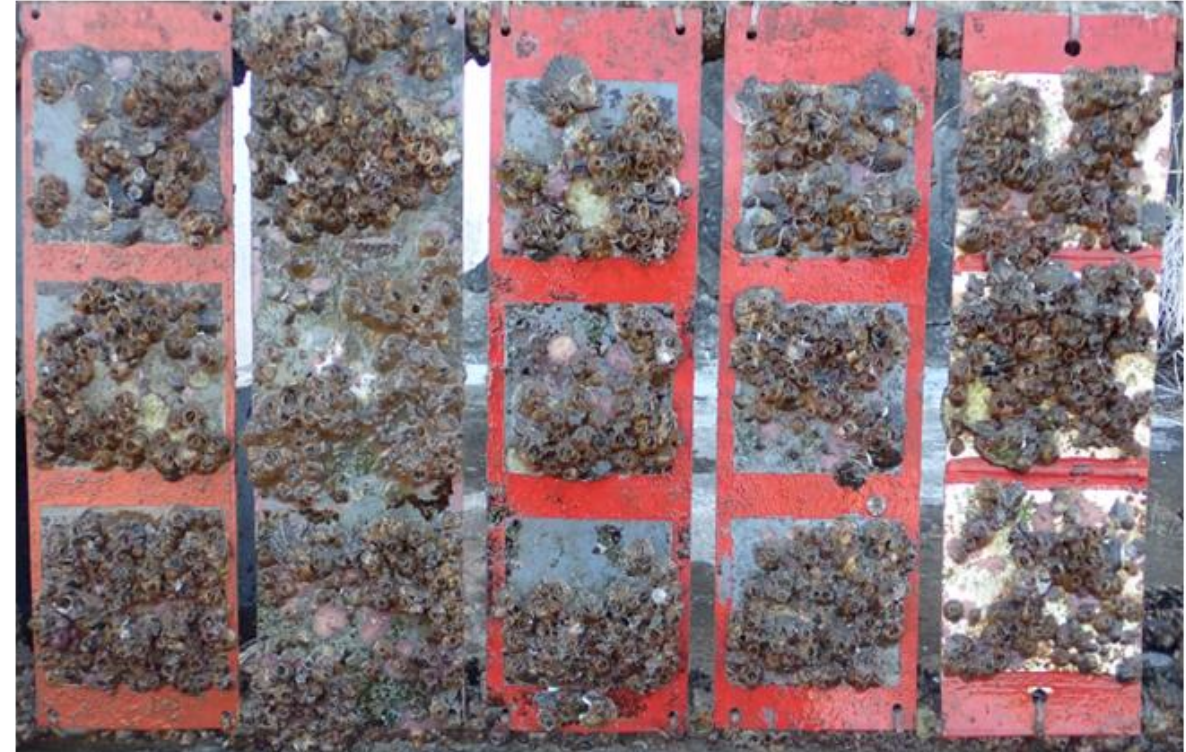
**MK2**

**PVC**

**L2**

**L1**

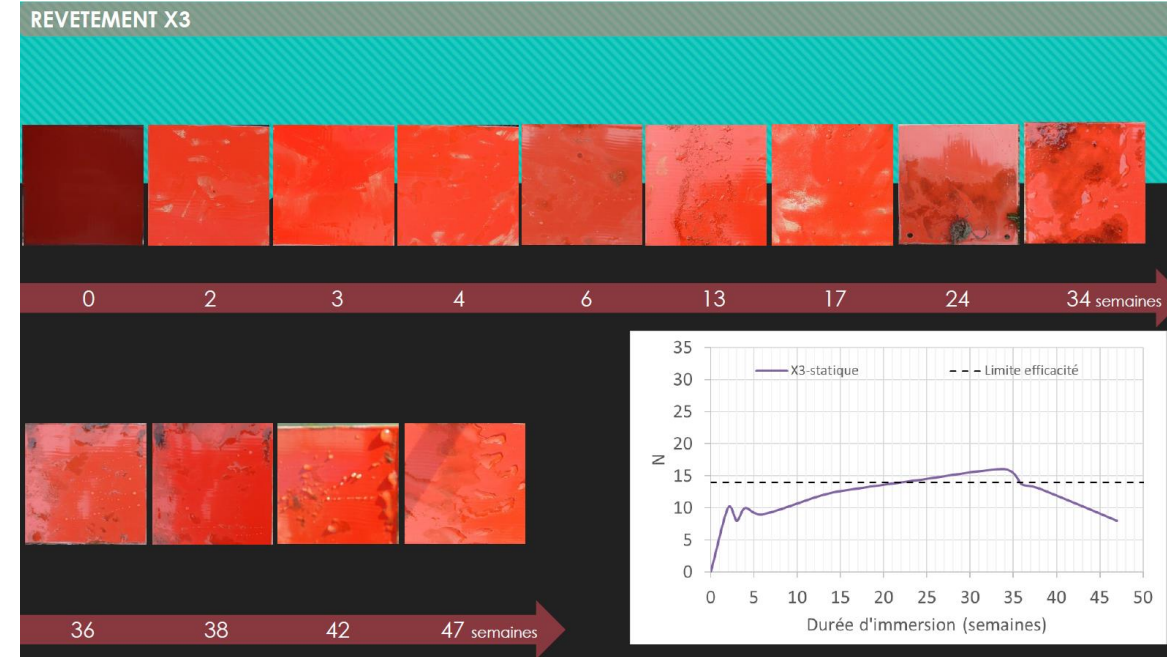
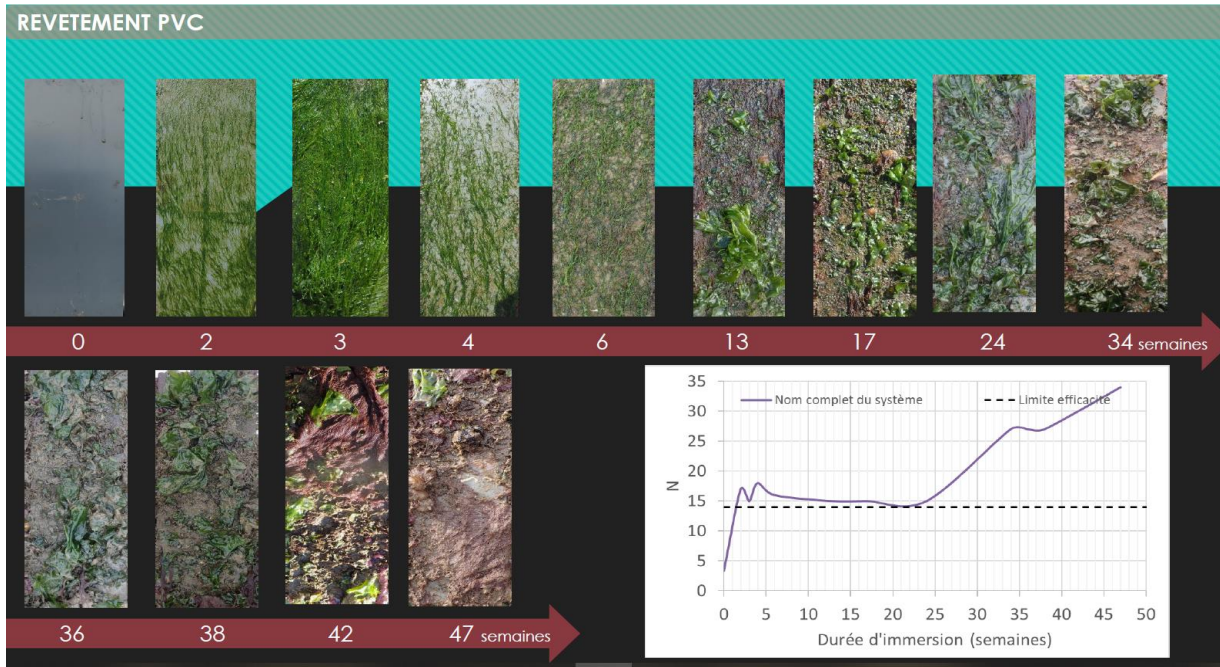
**N2**



# Colonisation – Estuaire du Saint-Laurent (6 mois)

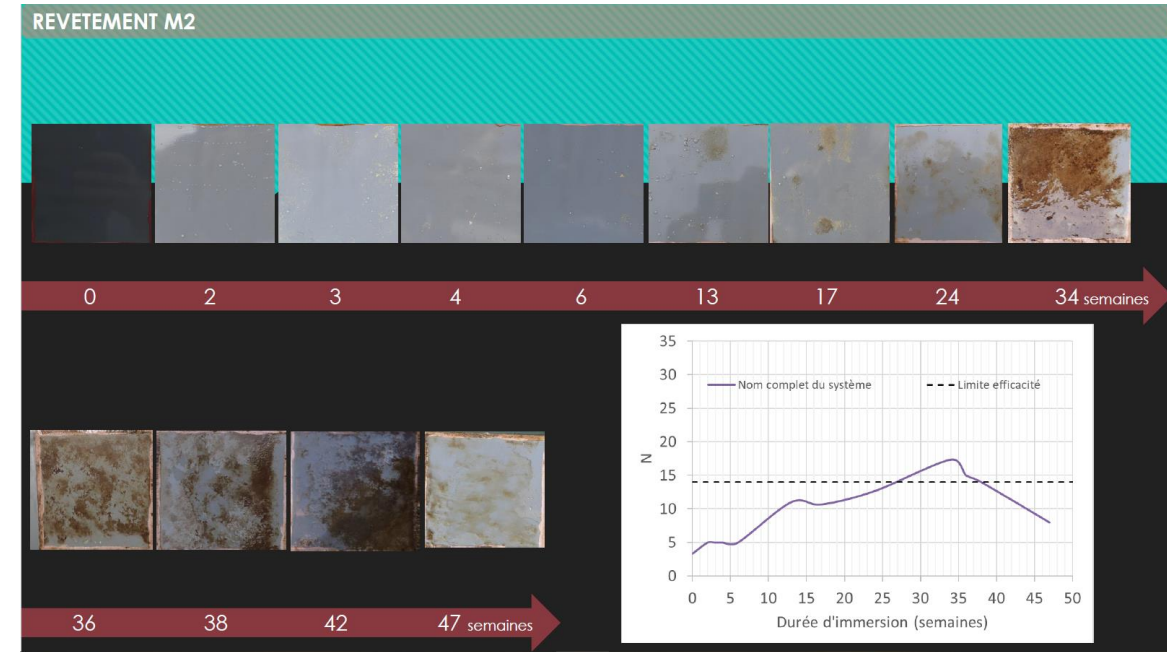
|                | L1 | L2 | M2 | M4 | MK1 | MK2 | N1 | N2 | PVC | PVC sablé | X3 |
|----------------|----|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----------|----|
| T0<br>14/05/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T1<br>27/05/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T2<br>01/06/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T3<br>08/06/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T4<br>16/06/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T5<br>29/06/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T6<br>21/07/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T7<br>04/08/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T8<br>08/09/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |
| T9<br>05/10/21 |    |    |    |    |     |     |    |    |     |           |    |

# Colonisation des revêtements - Bretagne

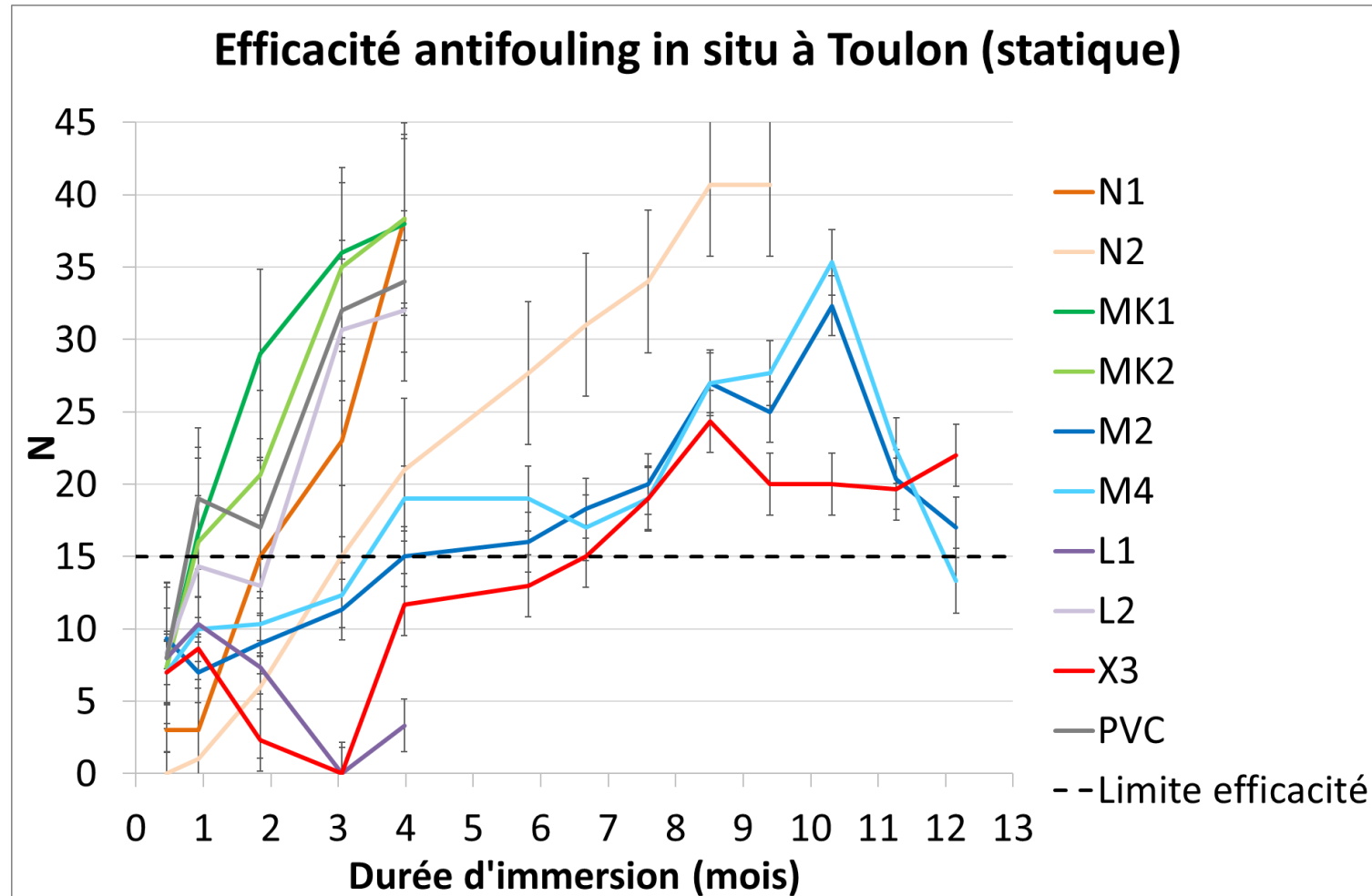


⇒ Type de biofouling varie beaucoup en fonction du site/conditions environnementales

⇒ Ordre d'efficacité indépendant des sites



# Efficacité antifouling (indice N)

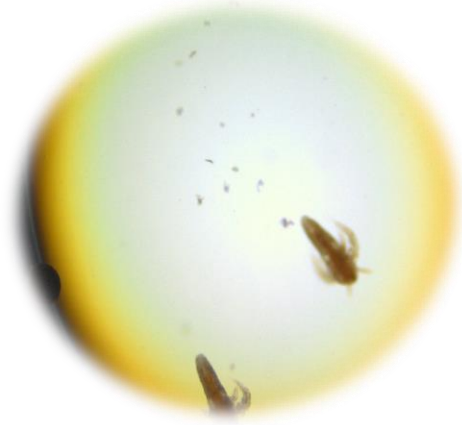


# 3.2-Essais écotoxicologiques de lixiviats des revêtements AF sur différents niveaux trophiques

= Effets non significatifs à faibles

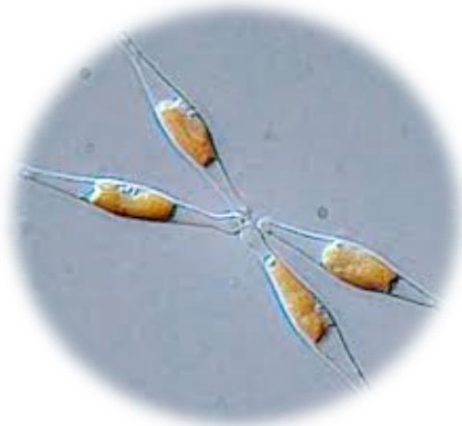
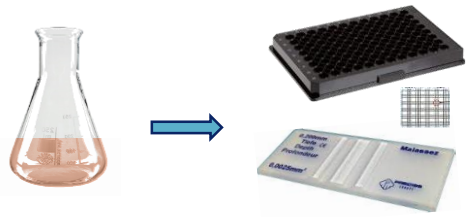
## CRUSTACEAN

*Artemia salina*



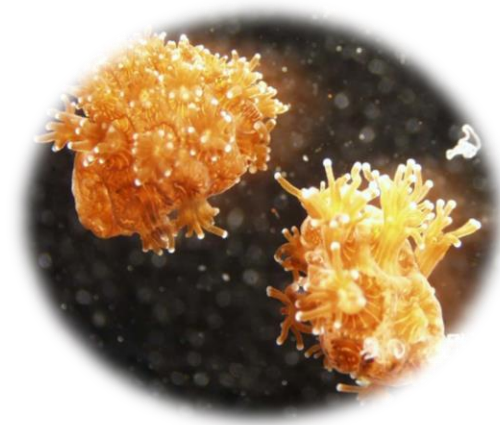
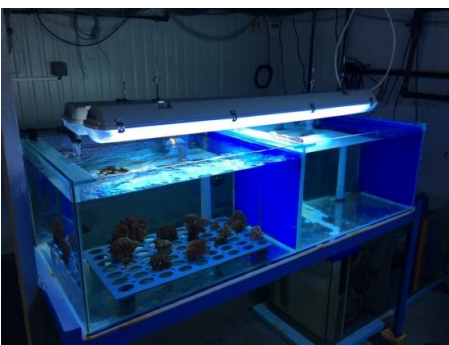
## MICROALGAE

*Phaeodactylum tricornutum*



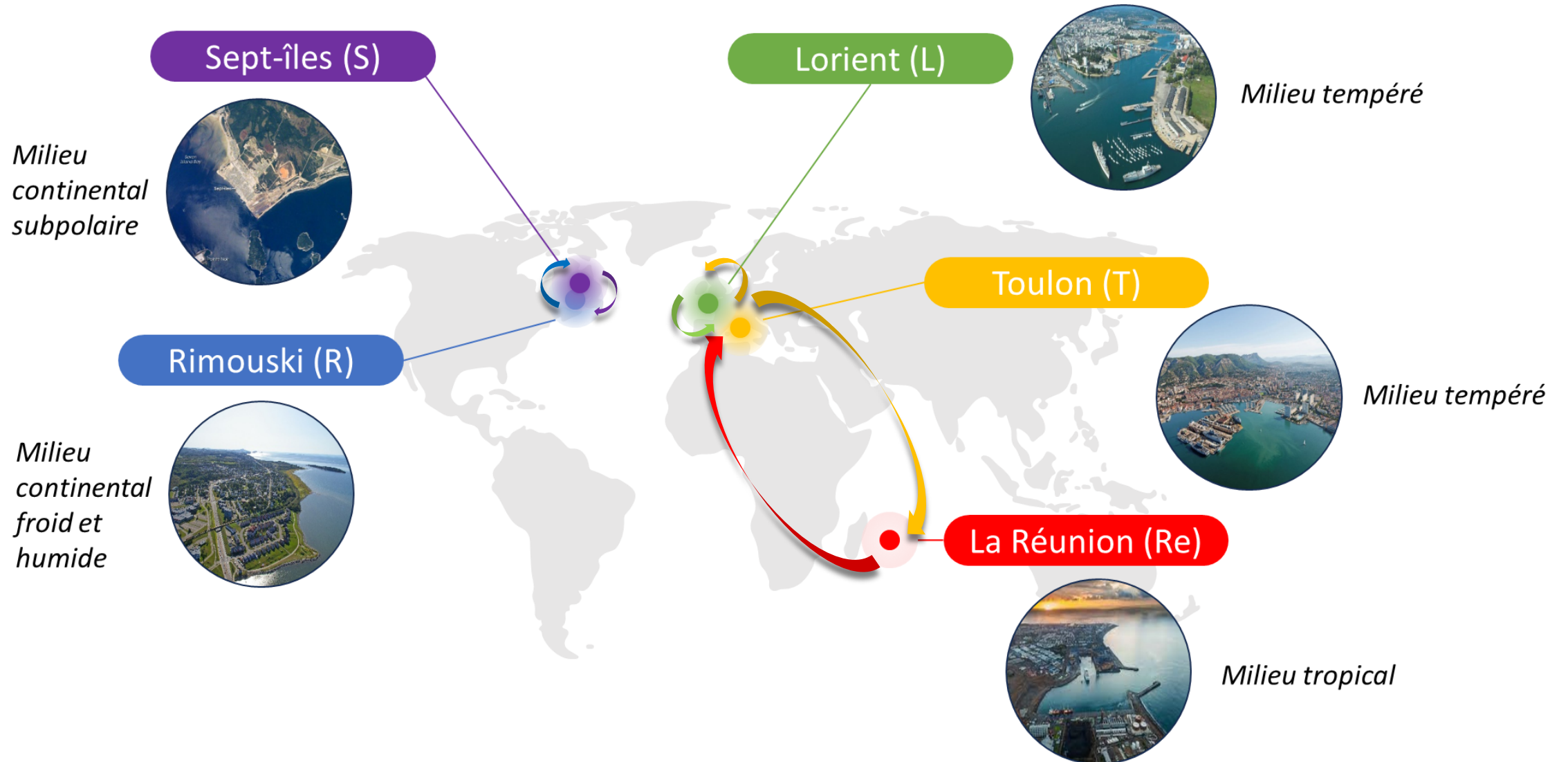
## CORAUX

*Pocilopora damicornis*



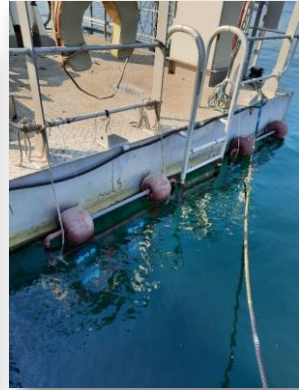
# Tâche 4 : Estimation du risque de transfert d'espèces exotiques

= Transplantation de biofilms = simuler le déplacement de navires



① Immersion *in situ* ⌚ 1 mois

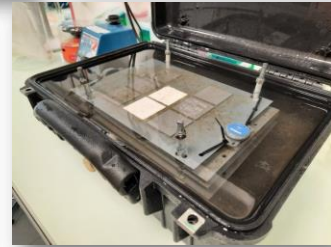
|     | R1 | R2 | R3 |
|-----|----|----|----|
| PVC | ■  | ■  | ■  |
| AF1 | ■  | ■  | ■  |
| AF2 | ■  | ■  | ■  |



Grattage des biofilms T1  
Sites d'origine

② Transport

⌚ 1 à 5 jours



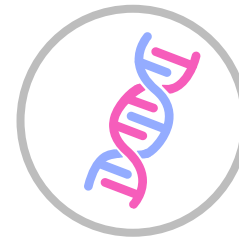
Grattage des biofilms T2  
Biofilms transités

③ Mésocosme

⌚ 15 jours



Grattage des biofilms T3  
Sites récepteurs

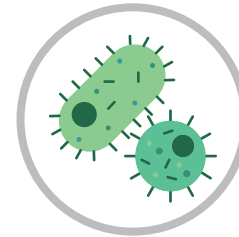


Diversité

Métabarcoding

Procaryotes 16S

Eucaryotes 18S



Abondance

Cytométrie en flux

① Espèces initiales ?

② Espèces survivantes au transfert ?

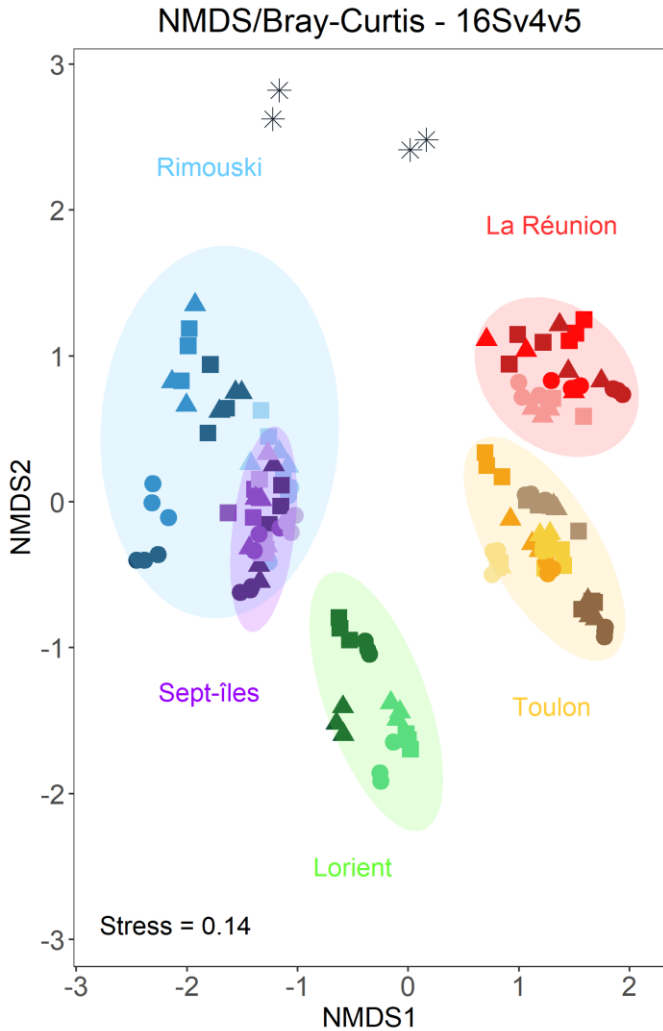
③ Espèces introduites ou persistantes ?

6 transplantations intersites

➤ Biofilms : 144 échantillons NGS

141 échantillons pour cytométrie en flux

# Procaroyotes



✓ Effet site significatif ( $p=0.001$ )

✓ Absence d'effet du type de surface sur la structure des communautés ( $p=0.086$ ,  $p=0,029$ )

✓ Plus fortes similarités entre les communautés Rimouski-Sept-îles et La Réunion-Toulon

✓ Communautés microbiennes des biofilms plus proches de leur milieu d'origine que du milieu receveur  
= risque développement d'espèces introduites

# Mer Méditerranée

- Faible intérêt des plaisanciers et des regroupements de plaisanciers et de pêcheurs pour la question des AF sans biocides
- Sensibilisation et information actuelles: étiquettes sur la toxicité humaine seulement
- Incitatifs limités des vendeurs:

*« si on annonce tous les dangers, on risque de ne plus vendre le produit ».*

*«je ne sais vraiment pas si les clients portent des masques, etc... peu de clients achètent des masques (avec leurs produits)».*



# Bretagne

La conscience environnementale n'est pas le seul levier favorisant l'adoption de nouvelles générations de produits AF (sans biocides).

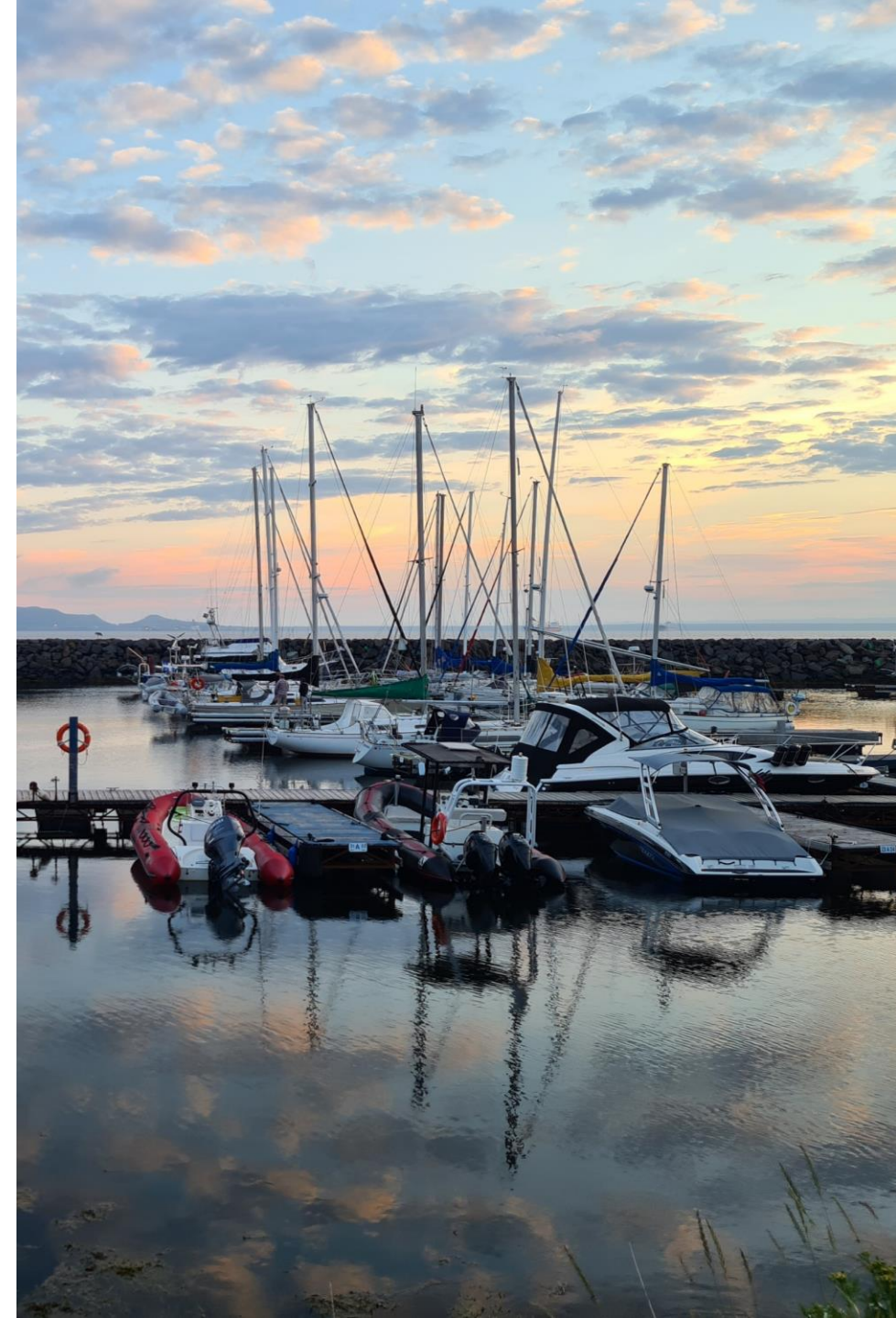
Les résultats préliminaires démontrent que l'adoption d'un comportement plus éco-responsable est étroitement liée aux facteurs suivants :

1. Coûts
2. Efficacité
3. Practicité



# Québec (Estuaire maritime)

- L'enjeu environnemental est perçu comme important mais l'AF ne vient jamais seul – c'est un polluant invisible, rarement pris en compte. La perception de la toxicité du produit hors application n'est pas là
  - « ça se désagrège dans l'eau de toute façon »
- Faible travail sur les peintures. Juste des retouches à l'année, pour surtout un aspect esthétique. La durée de vie est recherchée avec une facilité d'application.
- Faible visibilité de la pollution engendrée : comparaison systématique avec des polluants plus visibles.
- Pas une priorité – aucun attachement au produit ou à une marque, c'est la disponibilité au magasin de proximité qui dirige l'achat. Défiance vis-à-vis des producteurs.



# Les facteurs influençant le choix d'un antifouling



1- Coût

2- Efficacité / Durabilité

3- Facilité d'utilisation / Autonomie

4- Toxicité humaine lors de l'application

N – Toxicité environnementale / Écotoxicité



Inconscience des risques réels pour la santé lors de l'utilisation  
Utilisation d'équipements de protection individuelle rare



Les peintures AF sans biocide sont une alternative intéressante pour limiter le développement de biosalissures marines, et limiter la formation du macrofouling.



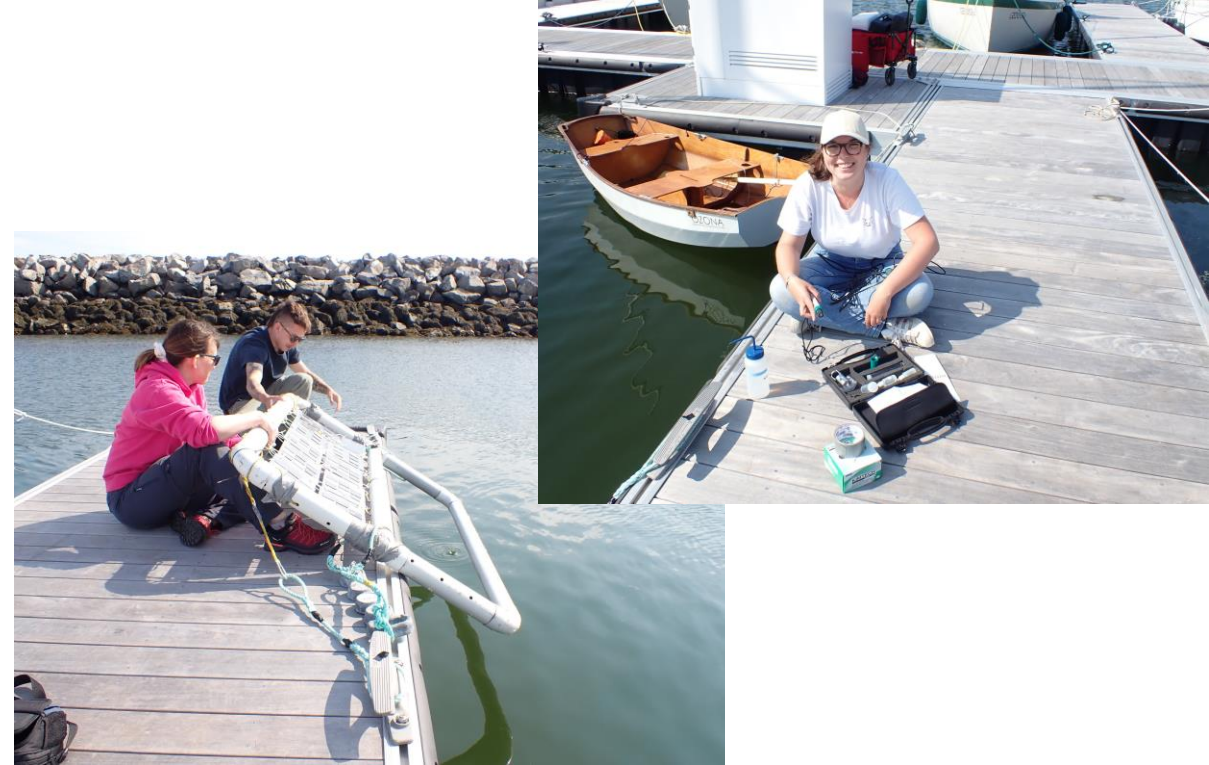
Les communautés microbiennes composant les biofilms sur ces revêtements présentent une forte résilience face aux changements de conditions environnementales



Grande variabilité de la colonisation aux différents sites mais ordre d'efficacité similaire sur tous les sites



Besoin de conscientisation de la population (réglementation/incitation/certification)



# Responsables d'axes

## Chimie des revêtements

Christine Bressy (Univ. Toulon)

Youssef Djibril Soubaneh (UQAR)

Karine Vallée (UBS)

## Volet Social

Marco Alberio (Univ. Bologne)

## Efficacité des peintures/transfert d'espèces

Jean-François Briand (Univ. Toulon)

Karine Lemarchand (UQAR)

Christian Nozais (UQAR)

Fabienne Fay (UBS)

MERCI

# Collaborateurs/trices

Chloé Pazart (UQAR/ISMER)

Mayssa Khelifi (Chimie UQAR)

Sarah LeMasson (HEC)

Tristan Greg Karabutt (HEC)

Benjamin Grüber (HEC)

Sandrine Bessette (U. Toulon)

Douae Oulehiane (U. Toulon)

William Bélanger (UQAR)

Isabelle Linossier (UBS)

Raphaëlle Barry-Martinet (U Toulon)

Kim Doiron (INREST/UQAR)

Emmanuel Raufflet (HEC)

Dalyal Copin (IRMA)

Alina Tunin-Ley et Jean Turquet (CITEB)

Patrick Pouline (OFB)

Gaël Le Pennec (UBS)

Fabrice Azemar (UBS)

Et tous les autres .....

UQAR *SMER*

UNIVERSITÉ DE  
TOULON

Université  
Bretagne Sud  
**ubs:**

HEC  
MONTRÉAL



PEINTURES MARINES  
**NAUTIX**

**MIRAPAKON**

Fonds de recherche  
Nature et  
technologies

Québec 

**anr**®

**IFQM** Institut  
France-Québec  
Maritime

**Mitacs**  
Globalink



**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ

  
Inrest



**CITEB**  
CENTRE TECHNIQUE de RECHERCHE et de  
VALORISATION des MILIEUX AQUATIQUES



marina  
rimouski

 **IRMA**

# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

Questions/réponses - session 2

# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

## Mots de clôture

*Vianney Pichereau et Dominique Robert, codirecteurs de l'Institut France-Québec maritime (IFQM)*



**Dominique ROBERT et Vianney PICHEREAU**  
**Codirecteur de l'IFQM**



# Création, mission et vision



L'IFQM a été officiellement créé en octobre 2016 dans le cadre de la 19<sup>e</sup> rencontre alternée des Premiers ministres français et québécois

## VISION

Réunir et animer, en France et au Québec, les acteurs clés de la recherche, de l'innovation et de l'enseignement supérieur dans le domaine maritime pour faire émerger des collaborations de grande envergure entre nos deux nations

## MISSION

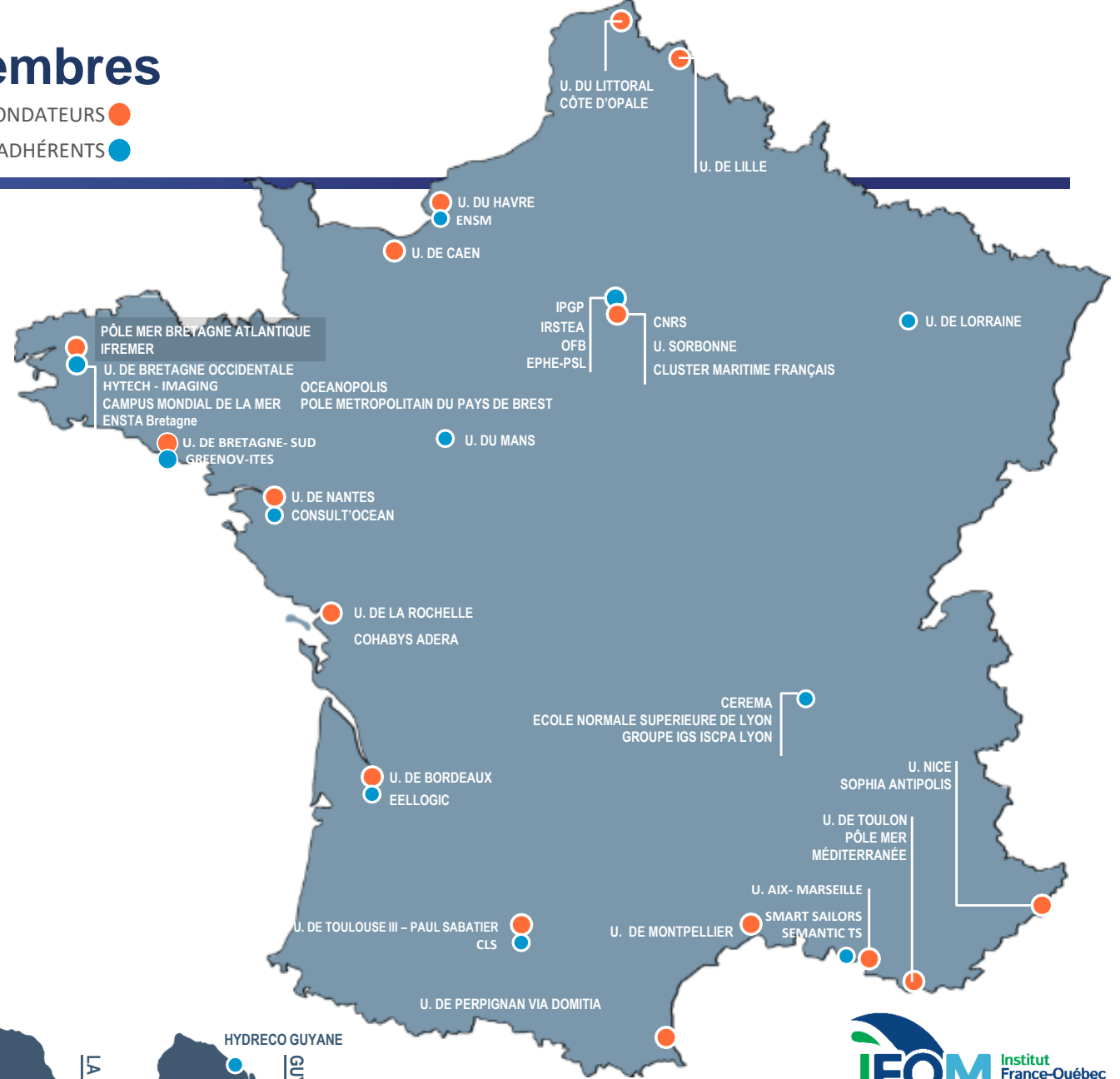
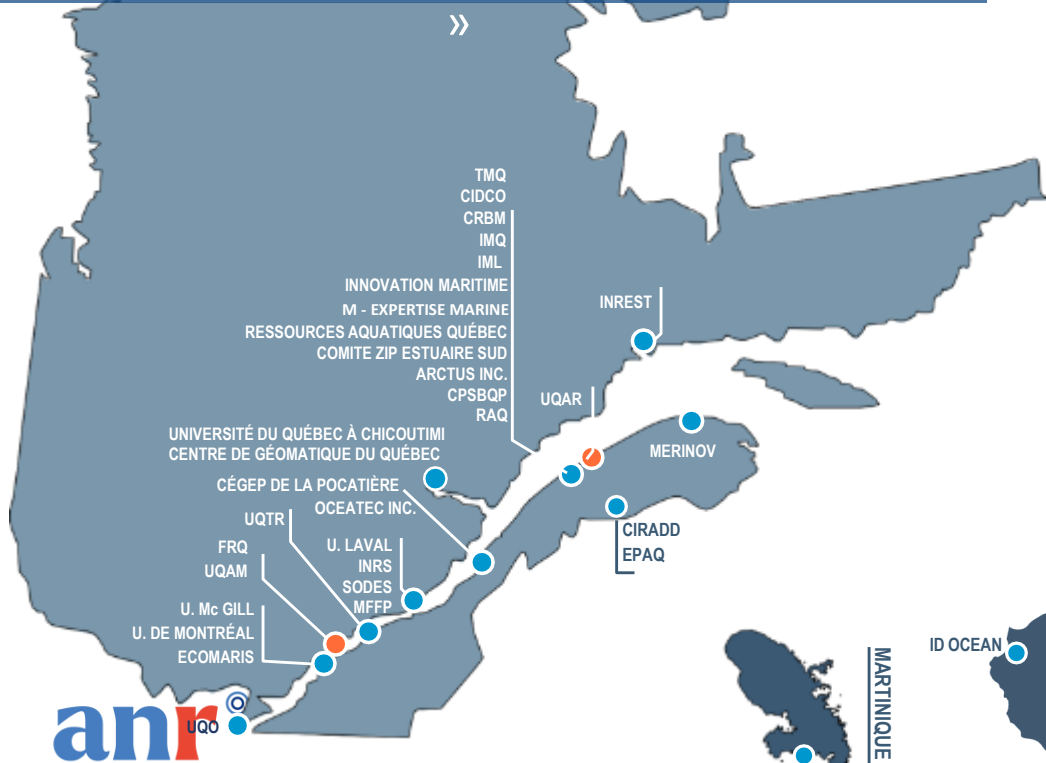
Se positionner comme chef de file international pour les enjeux en lien avec le développement maritime durable et responsable

# 75 Membres

MEMBRES FONDATEURS ●

MEMBRES ADHÉRENTS ●

« Réunir et animer, en France et au Québec, les acteurs clés de la recherche, de l'innovation et de l'enseignement supérieur dans le domaine maritime pour faire émerger des collaborations de grande envergure entre nos deux nations. »



Nom de la présentation - TZZ

# Thématiques de l'IFQM



## Santé des écosystèmes

- États des lieux de la **santé des écosystèmes**
- Descripteurs et indicateurs
- Actions conjointes pour la **gestion des écosystèmes**



## Surveillance et sécurité maritime

- Outils de **prévention** et de **gestion** des accidents et catastrophes
- Outils d'**observation** et de **prévision** environnementale
- Outils de **contrôle** des opérations maritimes

## Pêche et aquaculture

- Trajectoires du **développement durable** pêche et aquaculture
- Valoriser **produits et coproduits** pêche et aquaculture
- **Acceptabilité sociale** pour le développement de nouvelles activités aquacoles et halieutiques



## « Trans-port » maritime durable et intelligent

- Améliorer la **sécurité** et **innover** dans un contexte de développement durable
- **Optimiser** la chaîne logistique maritime et les infrastructures
- Élaborer les **navires et ports du futur**



## Dynamique et adaptation des territoires côtiers

- Modéliser les **risques** d'impacts des activités humaines
- **Méthodes d'évaluation** des scénarios d'impact
- Valoriser les **recherches intégrées** et **intersectorielles** sur les littoraux



## Biotechnologies et technologies/ingénierie marines

- Identifier et prévoir les **futurs besoins** de la société
- Caractériser et exploiter de **nouvelles ressources**
- Innover et développer dans les **technologies marines**



## Océans et santé humaine

Nouvelle thématique pour l'IFQM. Notre réseau est consulté sur ce sujet afin d'établir une feuille de route.

# Réalisations-clés de l'IFQM 2017-2024

# Accroissement des échanges France-Québec en matière de recherche et innovation

- 45 Mobilités de chercheurs/chercheuses
- 5 Mobilités étudiantes
- 6 Écoles thématiques soutenues  
(46 personnes étudiantes ou intervenantes mobilisées)
- 23 Activités de maillage ou de formation soutenues

## Quelques résultats de ces nouvelles collaborations :

- Élaboration réussie de projets de recherche majeurs dans le cadre d'un appel conjoint dans le secteur maritime entre l'Agence nationale de la recherche (ANR - France) et le Fonds de recherche du Québec (FRQ)
- Propulsion des collaborations par le biais de thèses de doctorat conjointes France-Québec réalisées en cotutelles
- Accélération des collaborations via un programme de bourses postdoctorales
- Formation d'une communauté de recherche transatlantique capable de répondre aux enjeux du secteur maritime



# Dix thèses réalisées en cotutelle soutenues par l'IFQM

Représentant 3 institutions du Québec et 10 institutions de la France



Sylvie Daniel  
Université Laval



Isabelle Ouidi  
ENSTA Bretagne



Lucie Beaulieu  
Université Laval



Jean-Luc Mouget  
Le Mans Université



Gesche Winkler  
UQAR



Jolite Leray  
Université du Havre



Céline Audet  
UQAR



Fabrice Teletchea  
Université Lorraine



Jean-Sebastien Deschênes  
UQAR



Olivier Gonçalves  
Université de Nantes



Irine Abi-Zeid  
Université Laval



Frank Trillandier  
INRAE



Rjean Frenblay  
UQAR



Laurent Chauvaud  
CNRS



David Didier  
UQAR



Serge Suarez  
UBO



Philippe Archambault  
Université Laval



Arnaud Huet  
Ifremer



Damien Pham Van Bang  
INRS



Philippe Sargent  
CEREMA

# Quatre stages postdoctoraux soutenus par l'IFQM

## Représentant 3 institutions au Québec et 4 institutions en France

L'IFQM œuvre à la mise en place de stages postdoctoraux réalisés conjointement en France et au Québec

Comme pour les thèses réalisées en cotutelle, cette initiative soutient la formation des chercheuses et chercheurs de demain, et produira des retombées majeures en recherche au cours des 5 prochaines années



*Pierre Blier*  
Université du Québec  
à Rimouski



*Éric Pante*  
Université La Rochelle



*Guillaume St-Onge*  
Université du Québec  
à Rimouski



*Nathalie Feuillet*  
Institut de Physique  
du Globe de Paris



*André Rochon*  
Université du Québec  
à Rimouski



*Anne de Vernal*  
Université du Québec  
à Montréal



*Sébastien Zaragosi*  
Université de  
Bordeaux



*Connie Luejey*  
Université Laval



*Myriam Badawi*  
Université Le Mans



*Jean-Luc Mouget*  
Université Le Mans

# Appels en cours



**IFQM** Institut France-Québec Maritime

En collaboration avec Québec

Soutenu par

SECRÉTARIAT D'ÉTAT CHARGÉ DE LA MER

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Direction Générale Des Affaires Maritimes, De La Pêche Et De L'Aquaculture

Liberté  
Égalité  
Fraternité

Liberté  
Égalité  
Fraternité

## PROGRAMME DE MOBILITÉ TRANSATLANTIQUE

Pour les personnes étudiantes et stagiaires de postdoctorat



**IFQM** Institut France-Québec Maritime

En collaboration avec Québec

Soutenu par

SECRÉTARIAT D'ÉTAT CHARGÉ DE LA MER

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Direction Générale Des Affaires Maritimes, De La Pêche Et De L'Aquaculture

Liberté  
Égalité  
Fraternité

Liberté  
Égalité  
Fraternité

## APPEL POUR APPUI

à des universités d'été en 2024-2025

# Équipe et Contacts



**Dominique Robert**  
Codirecteur



**Geneviève Lalonde**  
Coordonnatrice



**Vianney Pichereau**  
Codirecteur



**Romain Le Moal**  
Coordonnateur

## QUÉBEC

Université du Québec à Rimouski  
+1 418 723-1986 #1040  
ifqm@uqar.ca

[www.ifqm.info](http://www.ifqm.info)



IFQM



@IFQMer



institut-france-québec-maritime

## FRANCE

Université de Bretagne Occidentale  
+33 (0) 2 98 01 68 04  
ifqm@univ-brest.fr



# Clôture de l'appel France/Québec dans le secteur maritime

---

**Merci pour votre participation & les échanges de la journée**

Site de l'ANR

<https://anr.fr/>

Portail national commun des appels à projets

<https://www.appelsprojetsrecherche.fr/>

Site des FRQ

<https://frq.gouv.qc.ca/>