

ENVIRONNEMENT & EOLIEN EN MER

ETAT DES CONNAISSANCES

EN MEDITERRANEE



Co-ORGANISATION

CONFIDENTIEL



**FRANCE NATURE
ENVIRONNEMENT**

PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Méditerranée
GRAND LARGE



ÉOLIENNES FLOTTANTES

MOT D'ACCUEIL



Marc MARIJON

Membre du bureau FNE Provence Alpes Côte d'Azur
Réseaux Mer et Energie

POUR UNE MATINÉE SEREINE, MERCI DE...



Favoriser la bienveillance et des prises de paroles calmes



Couper vos téléphones mobiles ou à défaut les mettre en silencieux



Écouter sans interrompre les présentations – des temps sont dédiés aux questions



Une pause (vers 11h30) et un buffet permettront de prolonger les échanges !

Vous présenter quand vous prenez la parole

Réserver vos questions pour les temps de questions – réponses et/ou d'échanges (pause, déjeuner)

Préparer des questions concises pour pouvoir en prendre autant que possible

Demander la parole (et le micro !)





**FRANCE NATURE
ENVIRONNEMENT**

PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

DÉROULÉ DE LA MATINÉE



09h30 – Comprendre le milieu marin :
présentation de résultats d'étude



10h30 – Comprendre le milieu aérien :
présentation de 2 actions majeures



11h30 – *Pause*



11h45 – Acquérir des connaissances et
capitaliser sur les retours d'expérience





COMPRENDRE LE MILIEU MARIN : PRÉSENTATION DE RÉSULTATS D'ÉTUDE

TABLE RONDE N°1

Comprendre le milieu marin
Présentation de résultats
d'études



Matthieu DUSSAUZE
chercheur en écotoxicologie



Céline ARTERO
chargée de recherche



STATION MARINE
DINARD



Cédric GERVAISE
Docteur et Président du groupe
SENSEA



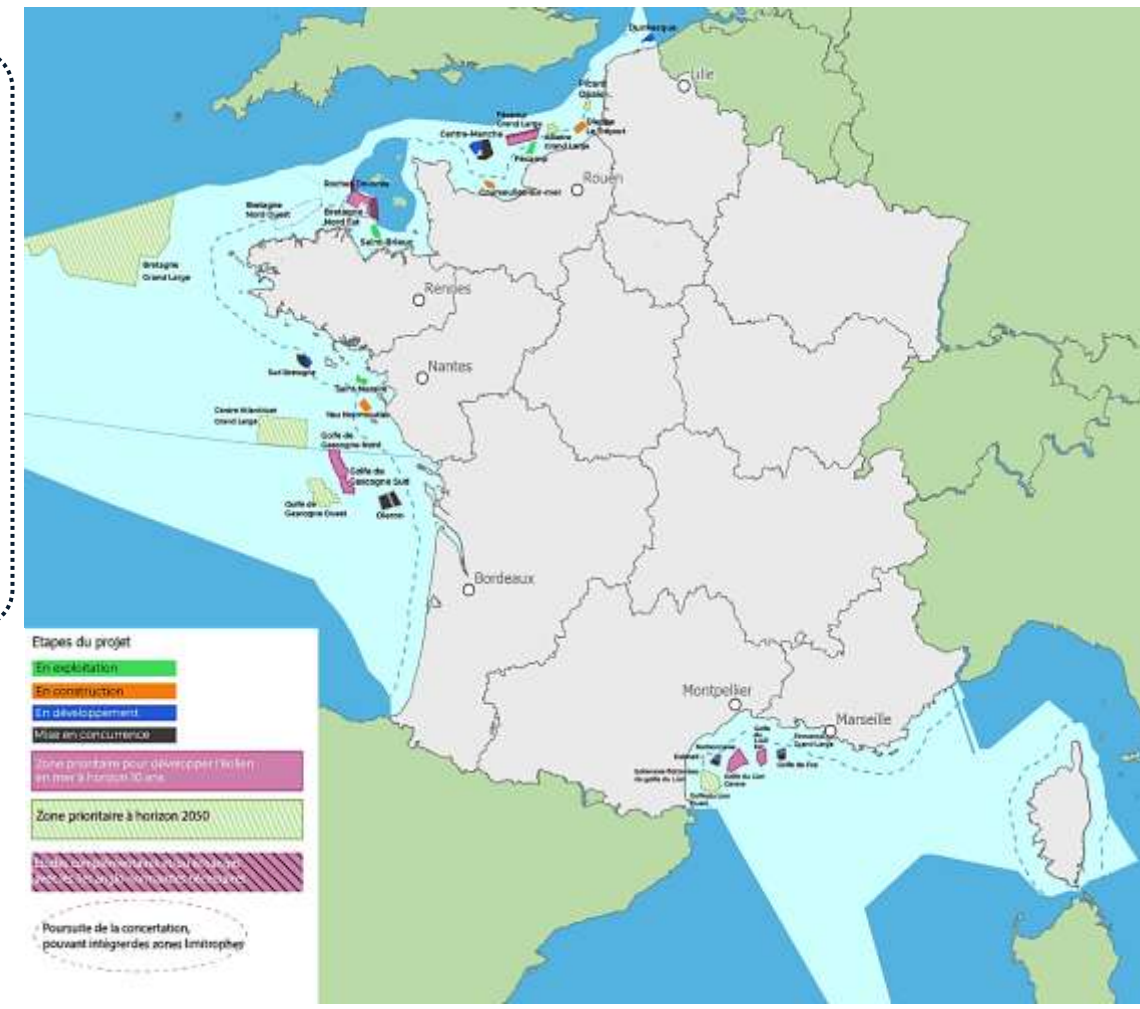
Tristan TROUYER
chercheur à l'UMR Marbec en
charge du thon rouge | IFREMER



Eolien en mer et risque chimique: étude de cas dans le golfe du Lion

Matthieu Dussauze (France-Energies-
Marines)

- Déploiement de l'éolien offshore en France
- Différentes pressions environnementales : bruit, collision, champs électromagnétiques...
- Questionnement des pouvoirs publics, des développeurs et de la société civile concernant le **risque chimique**



- La question de la protection cathodique par anode galvanique **(GACP)**
- Préoccupations émergentes:
 - Protection cathodique par courant imposé (ICCP)
 - Revêtement anticorrosion
 - Huile/lubrifiant ...
 - **Lignes d'ancrages synthétiques**

Le défi consiste à définir la pression environnementale « chimique » de l'éolien en mer

- sur des composés spécifiques et leurs produits de dégradation
- en considérant des apports cumulatifs de l'éolien mais aussi ceux exogènes
- **Anticiper de nouvelles pressions chimiques**



Manque de connaissances pour évaluer et anticiper les impacts chimiques des composants de l'éolien en mer sur l'environnement

- Dégradation de l'anode
 - Éléments métalliques passent d'un état solide (métallographique) à un état cristallographique (oxydes métalliques)

➔ Dépôt d'**oxyde métallique**



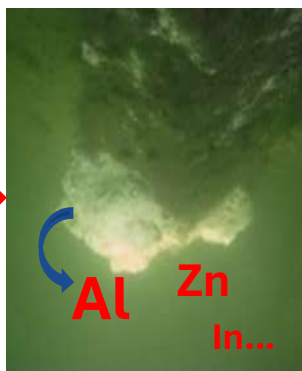
➔ **Etat dissous** : eau interstitielle du dépôt et dans l'eau de mer environnante

ANODE

2019-2020

ECOCAP

2021-2024



Tonne/an (Watson et al., 2025)	Europe aujourd'hui (30 GW éolien en mer)
Al	3219
Zn	1148
In	1.2

Risque chimique: Éléments libérés des anodes galvaniques à base d'aluminium

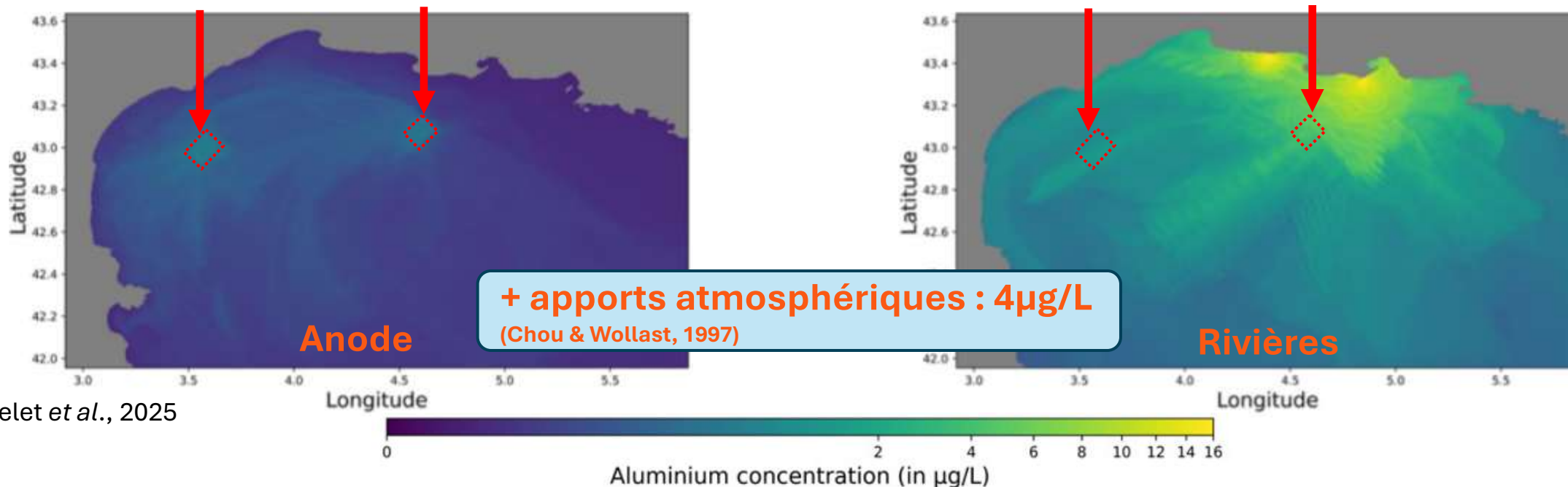
Modélisation numérique : Golfe du Lion; AO6 + extension AO9 ; 750 MW = 50 éoliennes

- Libération de 162 mg aluminium/10 sec à chaque emplacement d'éoliennes

Moyen: 0,09 $\mu\text{g/L}$
Maximum: 1,83 $\mu\text{g/L}$

0,07 $\mu\text{g/L}$
1,54 $\mu\text{g/L}$

Maximum: 1,12 $\mu\text{g/L}$ **4,2 $\mu\text{g/L}$**



Michelet et al., 2025

Predicted Environmental Concentration

AO6-AO9-Ouest: 6,95 $\mu\text{g/L Al}$ → éolien contribue localement au maximum à 26%

AO6-AO9-Est: 9,74 $\mu\text{g/L Al}$ → éolien contribue localement au maximum à 16%

- Affiner la définition des pressions environnementales
 - Comportement : Interaction MES et sédiments...
 - Devenir: Échelle locale, trophique...
- Surveillance environnementale
 - Savoir quoi chercher et comment le chercher
 - Différencier endogène et exogène au parc EMR
- Identifier des potentiels impacts cumulés
 - Acquérir de la donnée en écotoxicologie (composés spécifiques et en mélange)
- Anticiper les nouvelles pressions
 - Dialogues entres acteurs de la filière
 - Dériskuer/réorienter certaines technologies



Merci pour votre attention

Matthieu Dussauze

Matthieu.dussauze@france-energies-marines.org



Contribution aux connaissances par l'acoustique passive

- Questions abordées pour le Golfe du Lion dans ma présentation
 - Contribution à l'étude des cétacés
 - Caractérisation du bruit ambiant
 - Tentative de mise en musique de l'évaluation de l'état « acoustique » du GDL au sens de la DCSMM
 - Questions clés à venir

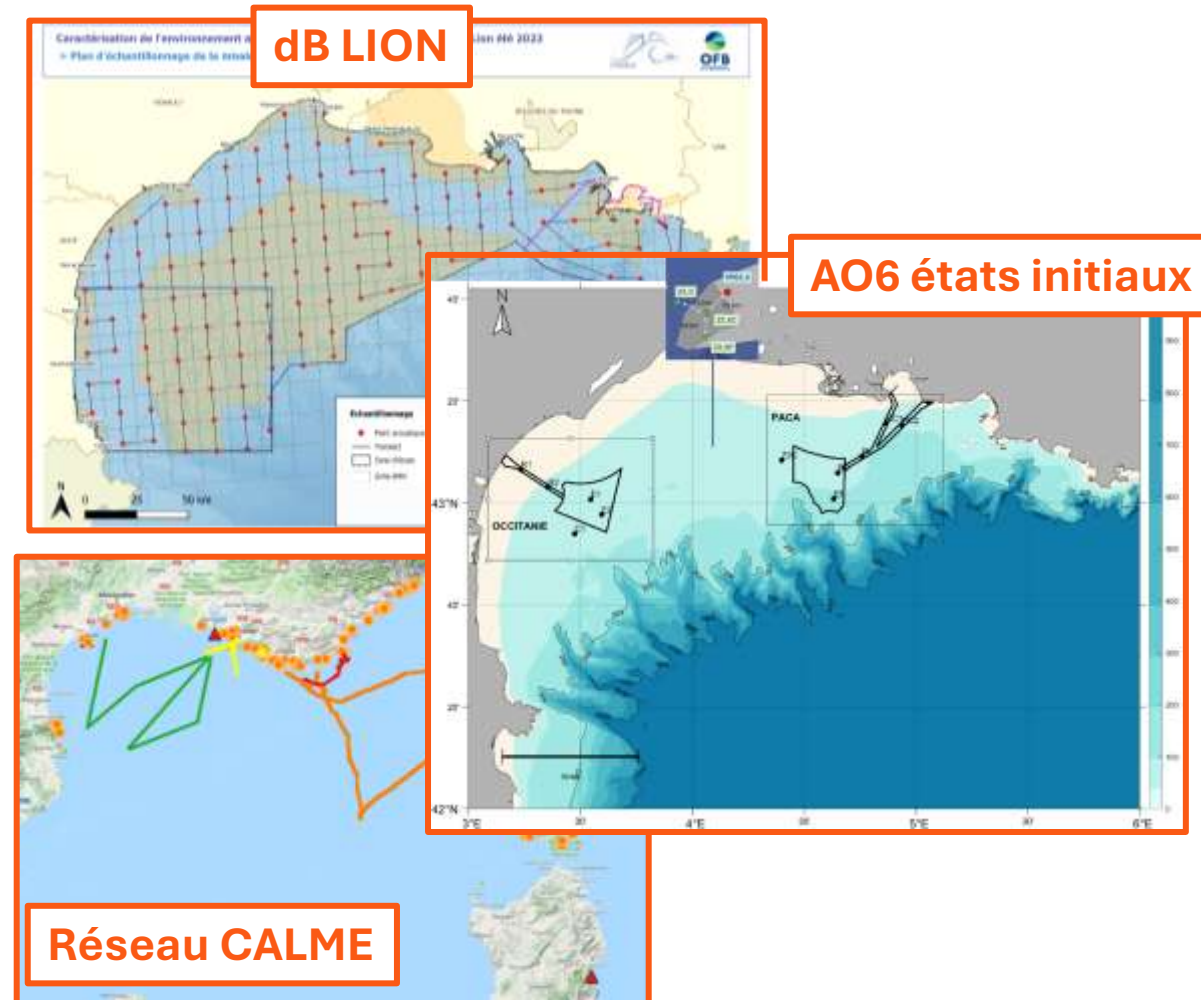
- Questions non abordées dans ma présentation
 - Connaissance sur les effets potentiels des parcs éoliens flottants (phases construction, exploitation)



Disponible sur demande
cedric.gervaise@chorusacoustics.com

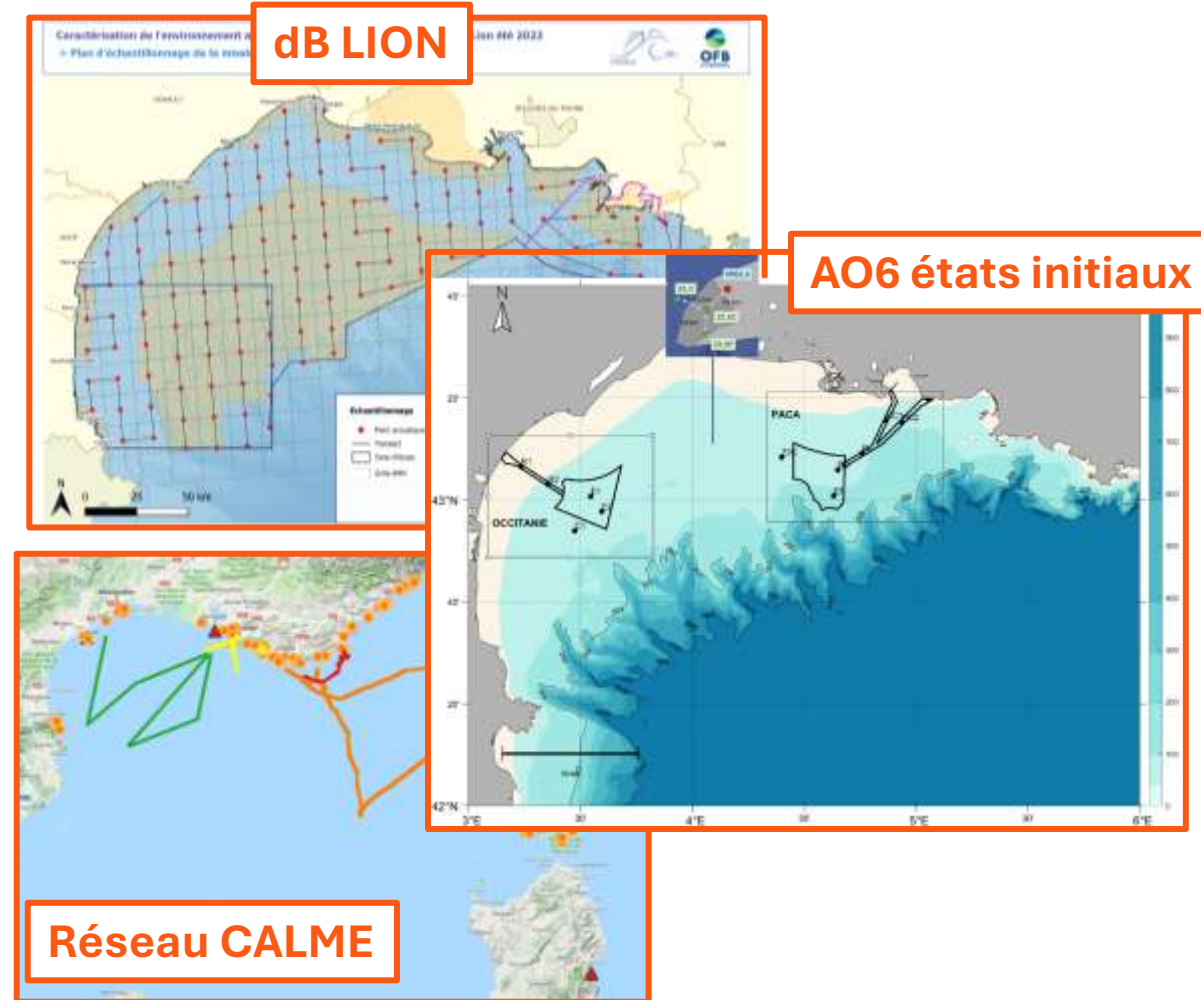
Des programmes de mesure ambitieux

2015-2023	Réseau CALME	AE RMC
2022-2026	dB Lion	OFB Observatoire National Eolien en mer
2023-2026	Etats initiaux AO6	DGEC, RTE BRLi, BIOTOPE
AMP Côte Agathoise Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate Parc National des Calanques Parc Marin de la Côte Bleue OCG DATA – ADEME Projets life PIAQUO, Espèces Marines Mobiles		



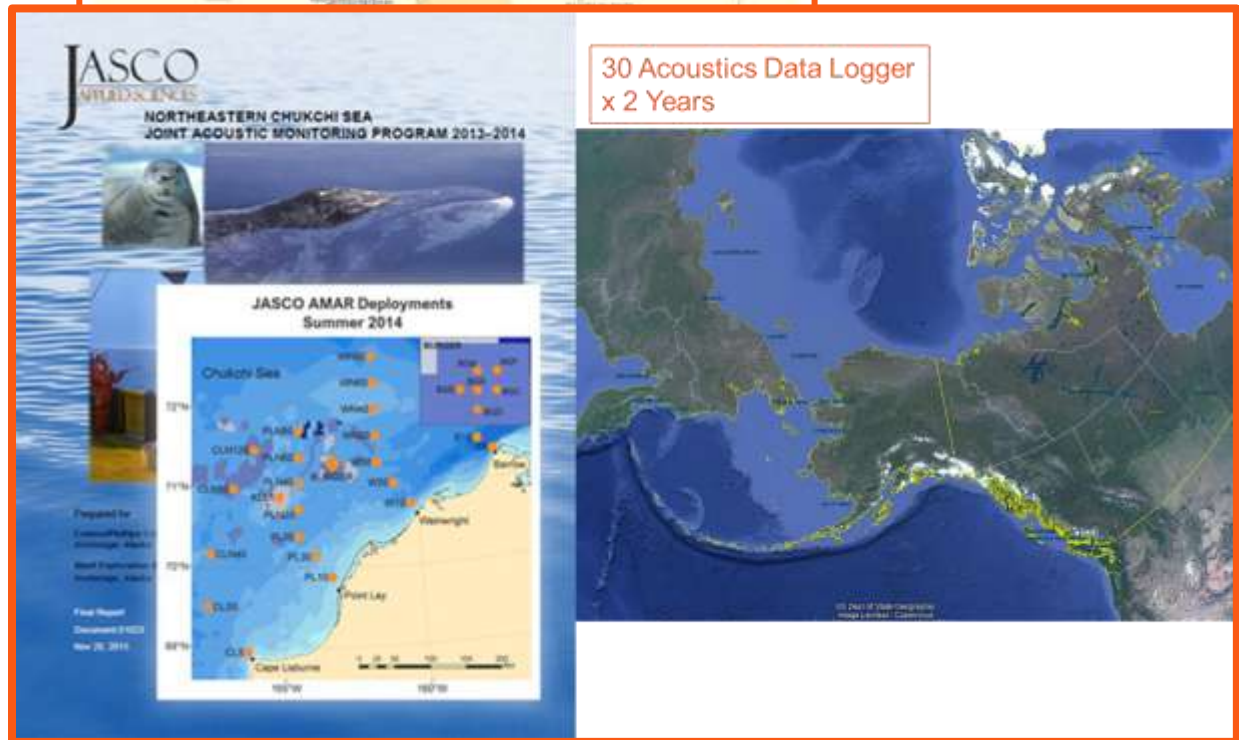
Des programmes de mesure ambitieux

- 1000 TB de données cumulées ~ 30 années de mesure cumulées
- Avec un plan d'échantillonnage
 - En phase avec les recommandations
 - UE – DCSMM
 - US : van Parijs, S. M., Baker, K., Carduner, J., Daly, J., Davis, G. E., Esch, C., Guan, S., Scholik-Schlomer, A., Sisson, N. B., & Staaterman, E. (2021). **NOAA and BOEM Minimum Recommendations for Use of Passive Acoustic Listening Systems in Offshore Wind Energy Development Monitoring and Mitigation Programs**. *Frontiers in Marine Science*, 8.



Des programmes de mesure ambitieux

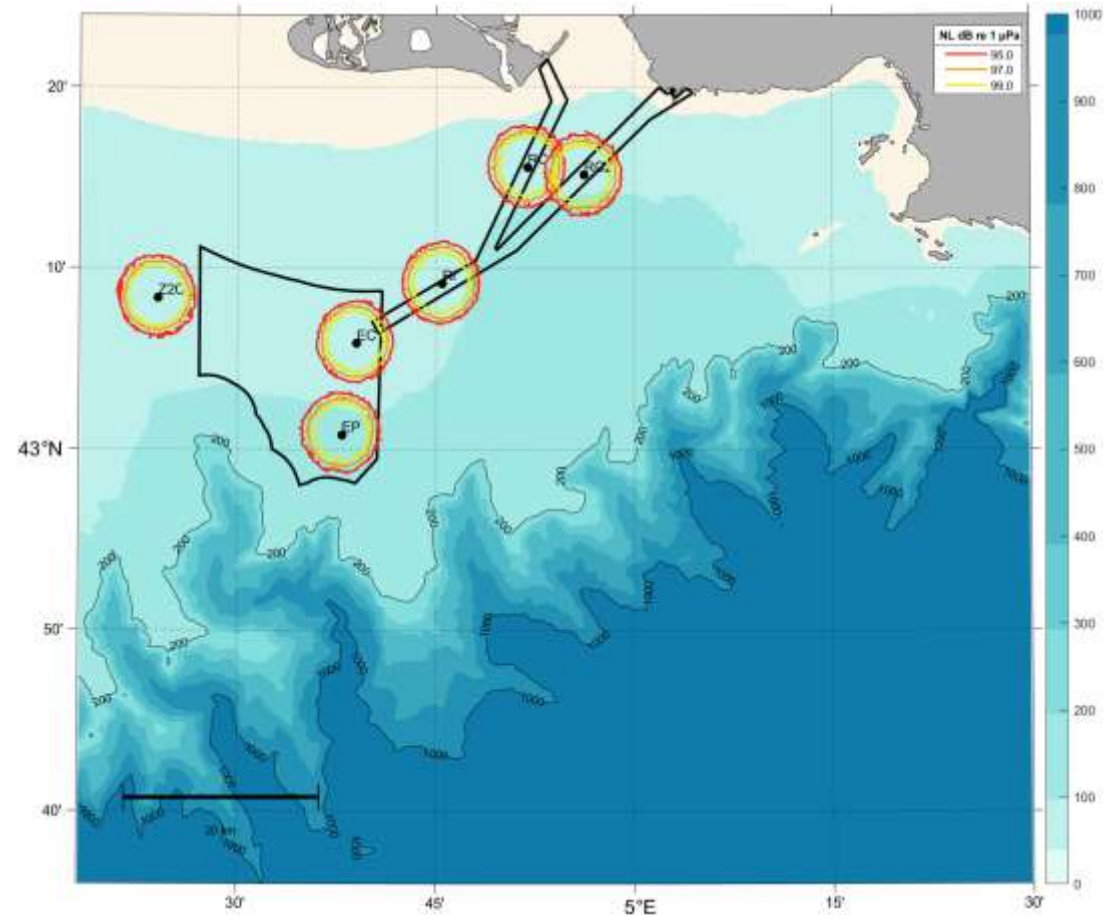
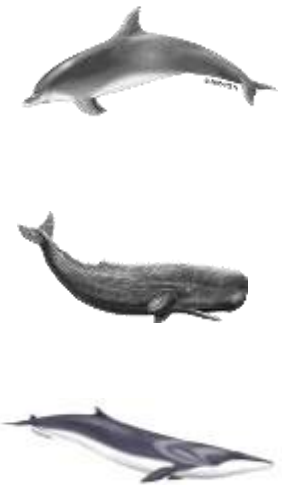
- 1000 TB de données cumulées ~ 30 années de mesure cumulées
- Avec un plan d'échantillonnage
 - De l'ordre des programmes les + ambitieux au monde
 - En phase avec les recommandations
 - UE – DCSMM
 - US : van Parijs, S. M., Baker, K., Carduner, J., Daly, J., Davis, G. E., Esch, C., Guan, S., Scholik-Schlomer, A., Sisson, N. B., & Staaterman, E. (2021). **NOAA and BOEM Minimum Recommendations for Use of Passive Acoustic Listening Systems in Offshore Wind Energy Development Monitoring and Mitigation Programs**. *Frontiers in Marine Science*, 8.



Contributions à la connaissance des cétacés

- Espèces recherchées

- Grands Dauphins et autres delphinidés, rayon de captation : 4 km,
- ~~Cachalot, rayon de captation : 10 km,~~
- Rorqual commun, rayon de captation : 40 km,



Contributions à la connaissance des grands dauphins du Golfe du Lion

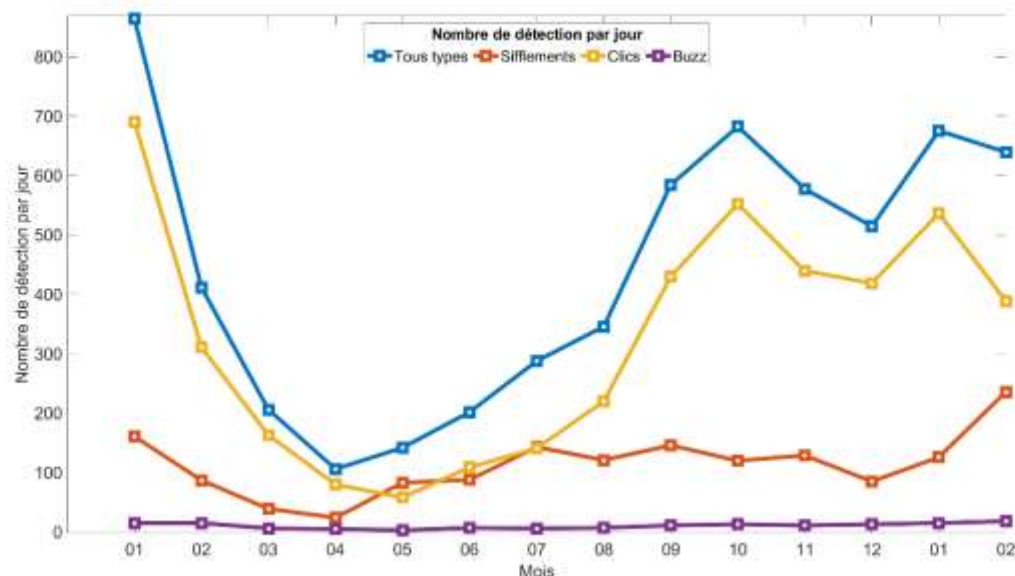


AO6 – Année février 2024 – mars 2025		
Descripteur	Occitanie	PACA
Nb de détections (tout type)	449 942	733 004
Nb de détections par jour	244	480
Nb de détections par heure	10	19,8
Proportion des détections		
Sifflement	36 %	24 %
Clic	60 %	73 %
Buzz	4 %	3 %
Proportion de jours positifs	89 %	93 %
Proportion d'heures positives	21 %	27 %

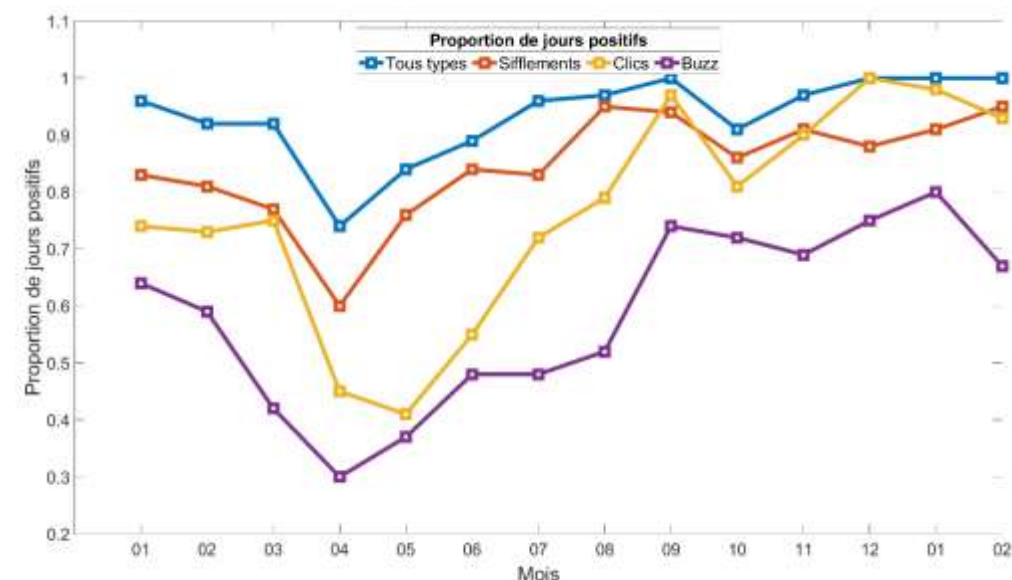
[une présence quotidienne quasi-certaine dans le disque de captation ($r=4$ km)]

[une présence une fois par 4-5 heures quasi-certaine dans le disque de captation ($r=4$ km)]

Contributions à la connaissance des grands dauphins du Golfe du Lion

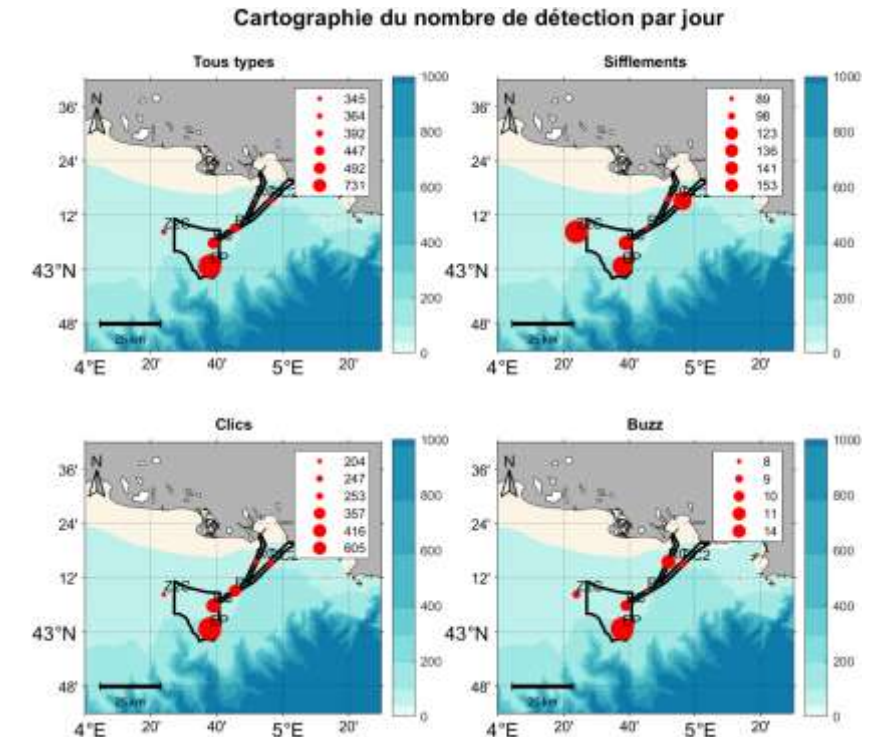
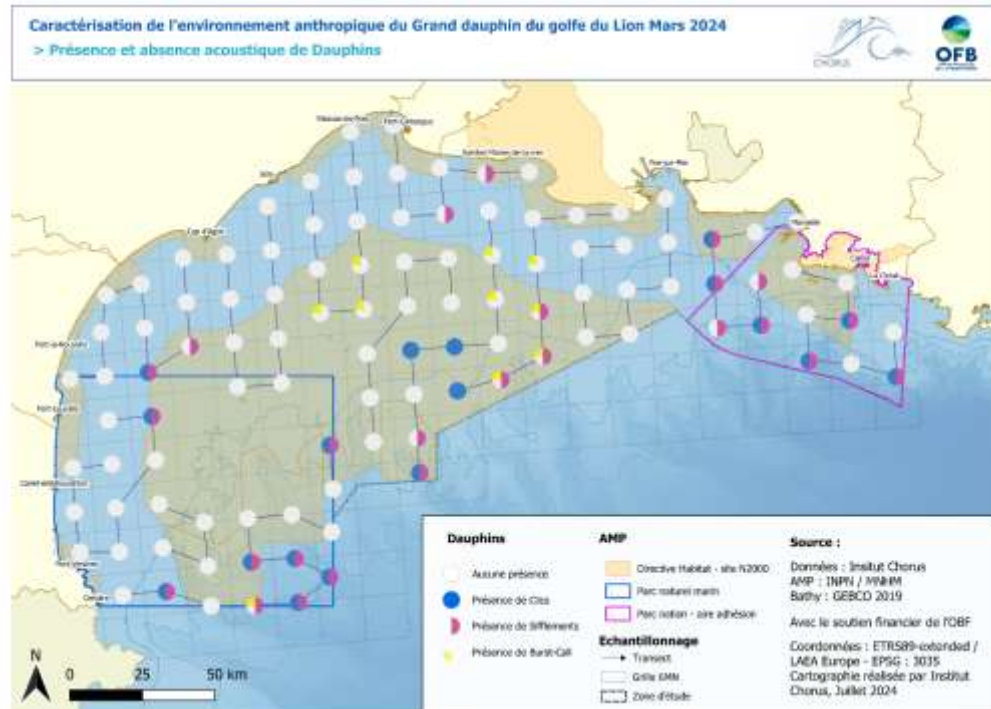


Les nombres de détection par jour sont minimaux en avril mai pour tous les types de signaux sans toutefois tomber à zéro, ce constat est compatible avec au moins 2 hypothèses i) moins d'activités acoustiques pour un effectif de dauphins constant, ii) moins de dauphins. Les seules données acoustiques ne sont pas suffisantes pour trancher.



Les nombres de jours positifs de détection des clics et des buzz présentent un minimum en avril-mai alors que c'est moins marqué pour les sifflements, ceci suggère un arrêt/diminution des activités de chasse pour ces mois-là sans désertion de la zone n'y d'arrêt des activités de socialisation. Ce constat est compatible avec 2 hypothèses i) moins de ressources alimentaires, ii) moins d'activités de nutrition par rapport à d'autres activités (reproduction, mise-bas etc). Les seules données acoustiques ne sont pas suffisantes pour trancher.

Contributions à la connaissance des grands dauphins du Golfe du Lion



Il y a plus de détection au large à proximité du talus continental que vers les côtes avec des détections de clics et buzz plus nombreuses, ce constat est compatible avec une présence vers les talus pour la nutrition mais une exploitation de tout le bassin pour les autres activités

Contribution à la connaissance du bruit ambiant sous-marin

- **Descripteur**

- $L_{p,rms}$ dB re.1 μ Pa [Iso 18405:2017]
- Niveau sonore moyen dans 1 bande de fréquences

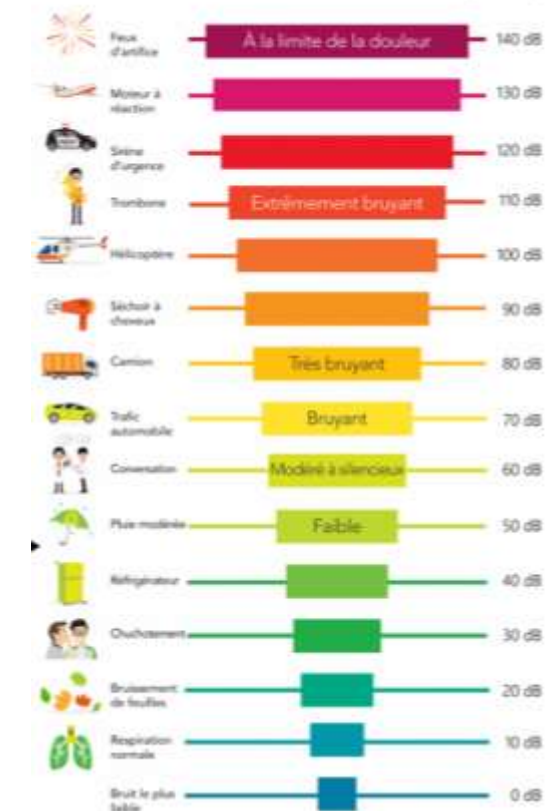
- $L_{p,rms}$ dB [16 Hz, 96 kHz]

- PACA : 113,1 +/-4,9 dB re. 1 μ Pa
- OCCI : 110,5 +/-5,0 dB re. 1 μ Pa

- $L_{p,rms}$ dans l'eau $\Leftrightarrow L_{p,rms}$ dans l'air + 61 dB

- 113,1 dB EAU \Leftrightarrow 52 dB AIR

Échelle des décibels (dB)



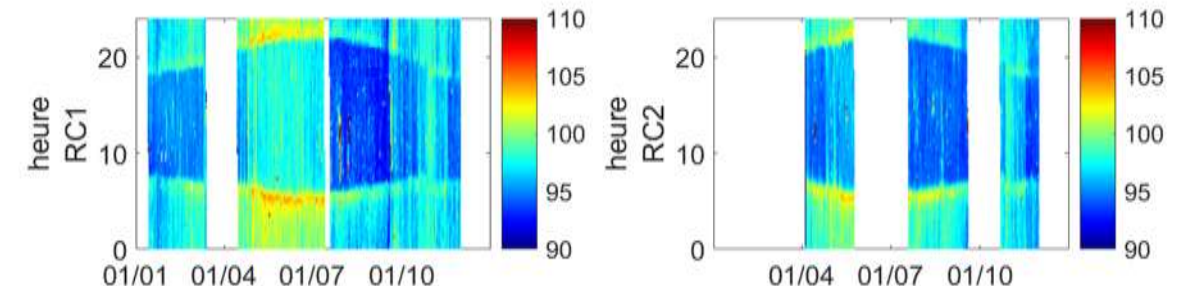
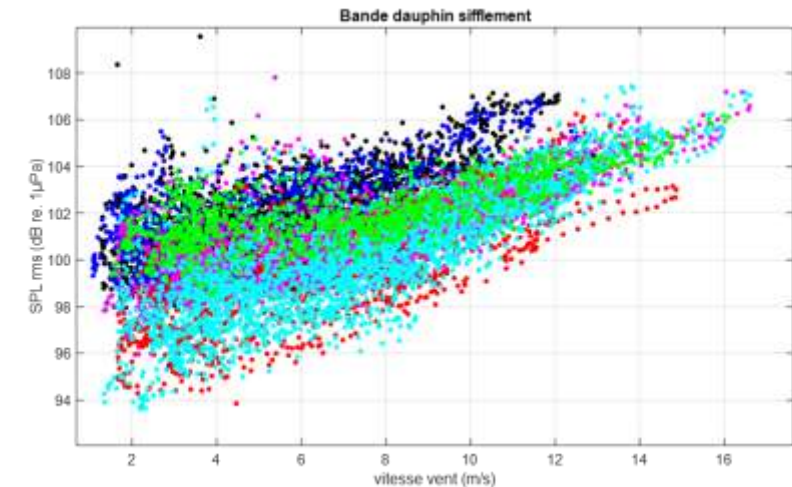
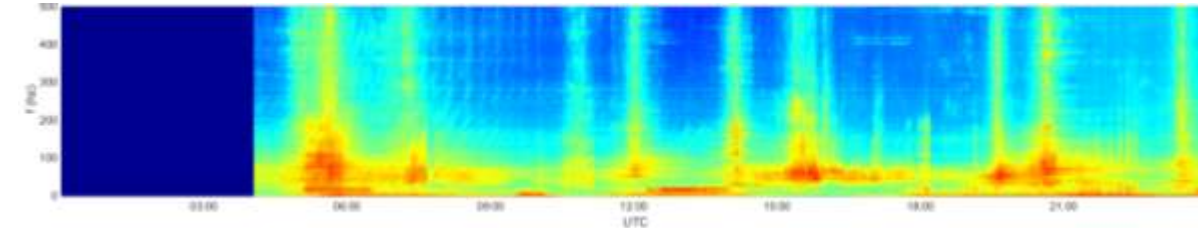
Contribution à la connaissance du bruit ambiant sous-marin

- **Descripteur**
 - $L_{p,rms}$ dB re. 1 μ Pa [Iso 18405:2017]
 - Niveau sonore moyen dans 1 bande de fréquences
 - $L_{p,rms}$ dB [16 Hz, 96 kHz]
 - PACA : 113,1 \pm 4,9 dB re. 1 μ Pa
 - OCCI : 110,5 \pm 5,0 dB re. 1 μ Pa
 - $L_{p,rms}$ dans l'eau $\Leftrightarrow L_{p,rms}$ dans l'air + 61 dB
 - 113,1 dB EAU \Leftrightarrow 52 dB AIR
- **113,1 dB** : Cette valeur est proche de celle donnée par le **modèle de Wenz (référence dans la communauté)** pour
 - Un indice de trafic égale à 4,5 sur une échelle allant de 1 à 7 (1 : trafic faible, 3 : trafic modéré, 7 : trafic intense)
 - Une vitesse de vent égale à 6 m/s (soit la moyenne annuelle sur la zone d'étude).

Contribution à la connaissance du bruit ambiant sous-marin

- PACA : 113,1 \pm 4,9 dB re. 1 μ Pa [16 Hz, 96 Hz]

Bande	Contributeur majeur	Détail
[10 Hz, 1 KHz] Audition Mysticètes	Trafic maritime	<p>Les navires individualisables sont peu présents (3.6 \pm 2.7 navires détectés par jour) et ils contribuent à une faible part de la dose sonore cumulée sur 24 h (7 % \pm 6%)</p> <p>Les navires lointains fabriquent le bruit ambiant avec un indice de trafic de 4.5 sur toute l'année sur une échelle allant de 1 à 7 (1 : trafic faible, 3 : trafic modéré, 7 : trafic intense)</p>
[1 KHz, 24 kHz] Audition Delphinidés - communication	Le vent	<p>Le vent met en mouvement la surface qui fait des vagues et les bulles des vagues déferlantes créent des bruits</p> <p>La corrélation entre le vent et le niveau sonore est 0.59\pm0.26</p> <p>Pour les sites E2 et C1, cette corrélation vaut 0.74 et 0.88</p>
[24 KHz, 96 kHz] Audition Delphinidés - clic	Les invertébrés benthiques	<p>Les invertébrés benthiques créent un bruit ambiant 13 dB supérieur au bruit du vent</p> <p>Ce bruit est très présent la nuit, moins puissant le jour où dans ce cas le bruit de vent peut redominer</p>



Tentative de mise en musique évaluation de l'état acoustique du GDL / DSCMM D11

- Ne correspond pas à comparer les niveaux sonores à un seuil
- Correspond à étudier les effets du bruit sur une espèce clé !
 - Level of Onset of Biological Effects (LOBE)
 - Good Environmental Status (GES) if 20% of the habitat less than LOBE each month
 - *Sigray et al, The Marine Strategy Framework Directive EU Threshold values for underwater noise, OCEANOISE 2023 22-26 May 2023*

Tentative de mise en musique évaluation de l'état acoustique du GDL / DSCMM D11

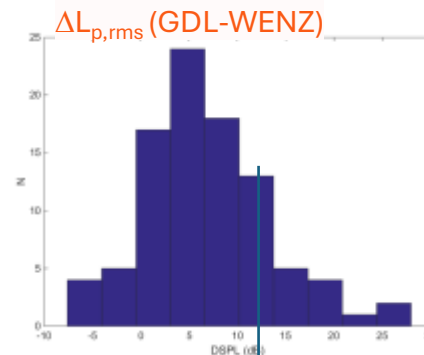


- Déclinaison de la logique DSCMM
- Select the indicator species (regional decision)
- Select the habitat (regional decision)
- Determine the sound level where biological effect is observed (LOBE)
- Le Grand Dauphin
- Le Golfe du Lion
- LOBE
 - Masquage ($\Delta L_{p,rms}$ (GDL-WENZ) > 12 dB, Oceanoise 2023)
 - Dérangement comportemental (dB HT > 25 dB, C. Gervaise)

Tentative de mise en musique évaluation de l'état acoustique du GDL / DSCMM D11

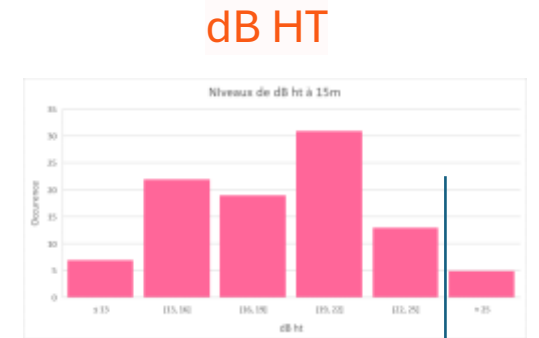


- Déclinaison de la logique DSCMM
- Select the indicator species (regional decision)
- Select the habitat (regional decision)
- Determine the sound level where biological effect is observed (LOBE)
- Le Grand Dauphin
- Le Golfe du Lion
- LOBE
 - Masquage ($\Delta L_{p,rms}$ (GDL-WENZ) > 12 dB, Oceanoise 2023)
 - Dérangement comportemental (dB HT > 25 dB, C. Gervaise)
 - % Habitat > LOBE



Masquage

14 %



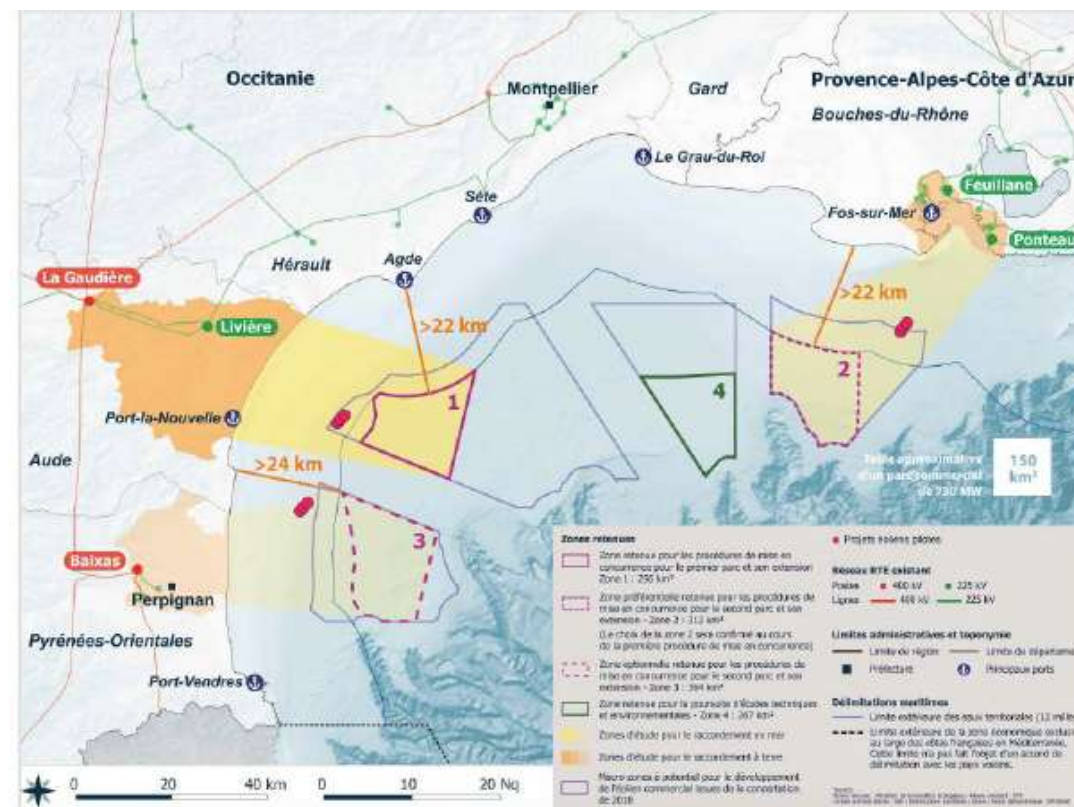
Dérangement

5 %

Tentative de mise en musique évaluation de l'état acoustique du GDL / DSCMM D11

- LOBE > 14 % en 2025 surface GDL masquage grand dauphin
- LOBE > 5 % en 2025 surface GDL dérangement grand dauphin

Et demain après construction des parcs ?

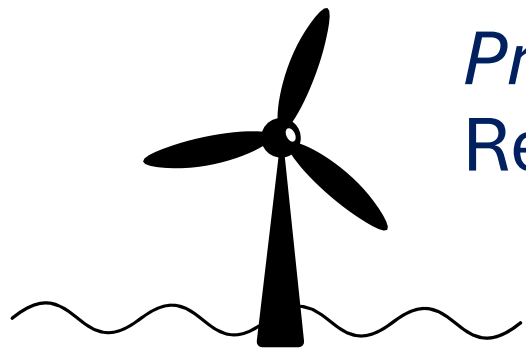


Questions clé à venir en lien avec le bruit sous-marin

- Interprétation/appropriation multidisciplinaire des données acoustiques pour les cétacés
- Approche collective et multidisciplinaire de MSFD/GES en lien avec le bruit sous-marin
- Phase exploitation : interactions Parc et cétacés (échelle large et fine)
- Phase d'installation : évaluation et gestion des effets sonores



Projet CEMARB



Projet CEMARB « Concilier Energies MARines Renouvelables et Biodiversité »



Céline Artero, Julie Lucas, Lisa Garnier, Hélène Claudel, François Deschamps, Damien Einsargueix, Laure Lailheugue, Anaïs Gudefin, Antony Fortin, Gilles Le Caillon, Thomas Trancart

OBJECTIF FRANÇAIS

50 parcs éoliens marin d'ici 2050

Parcs éoliens



Ancré

Flottant

Connexion électrique



En développement



En travaux



En exploitation

Localisation des futurs projets



2035

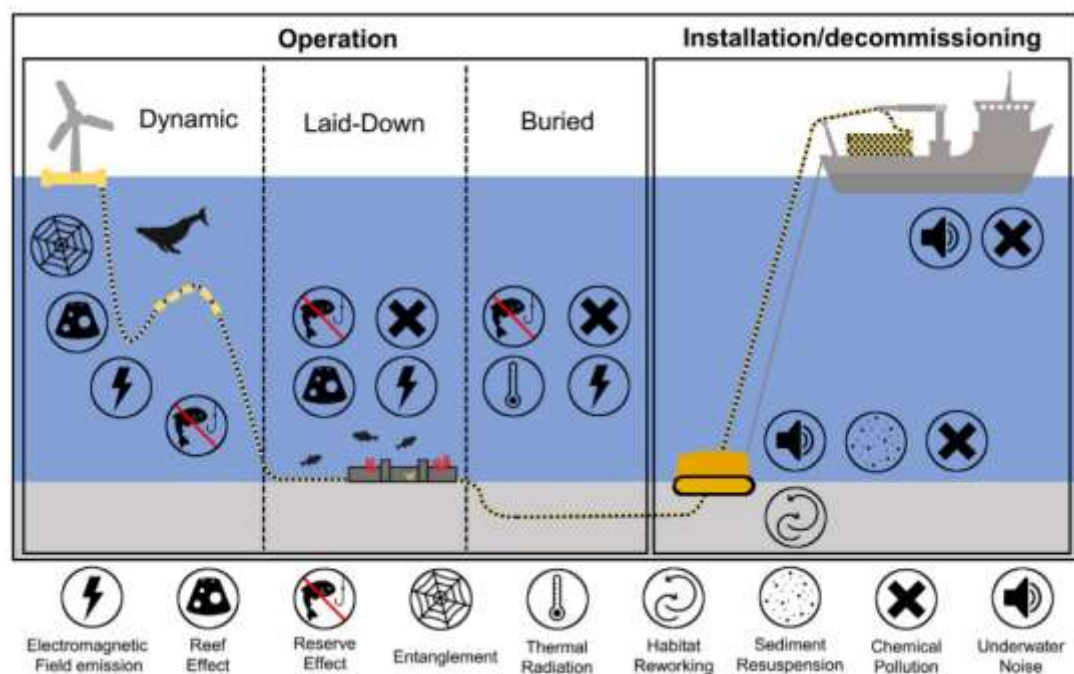


2040



2060





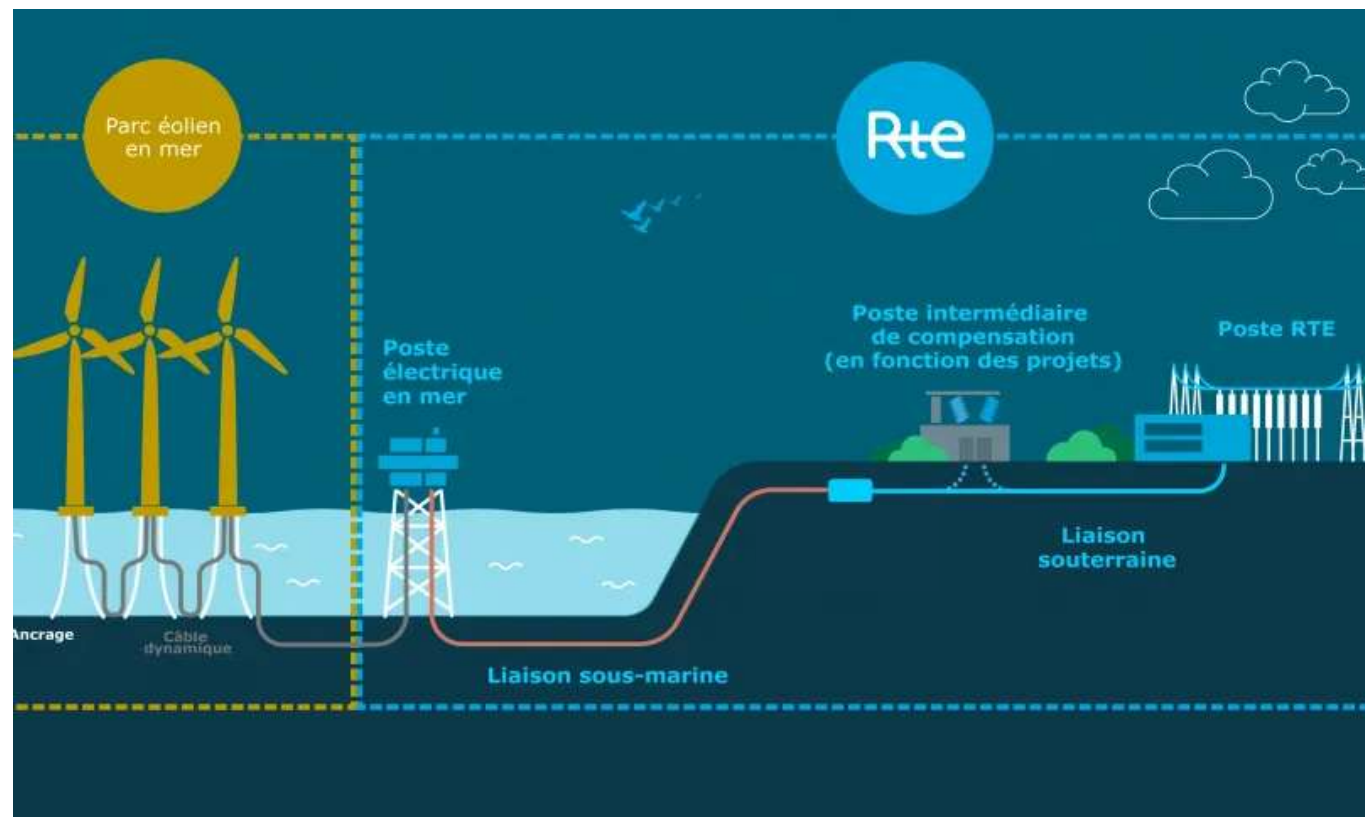
IMPACTS POTENTIELS DES PARCS ÉOLIENS

- Bruit
- Vibrations
- Dégradation de l'habitat
- Modification des champs électro-magnétiques autour des câbles transportant l'électricité

CHAMPS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

Selon la puissance et la distance à la côte, différents courant sont utilisés

- < 50 km de la côte
Courant alternatif (AC)
- > 50 km de la côte
Courant continu (DC)



CHAMPS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

Selon la puissance et la distance à la côte, différents courant sont utilisés

Différence entre les champs électriques et les champs magnétiques

Champs électriques

- Générés par la tension.

La lampe est branchée mais éteinte. La tension génère un champ électrique.

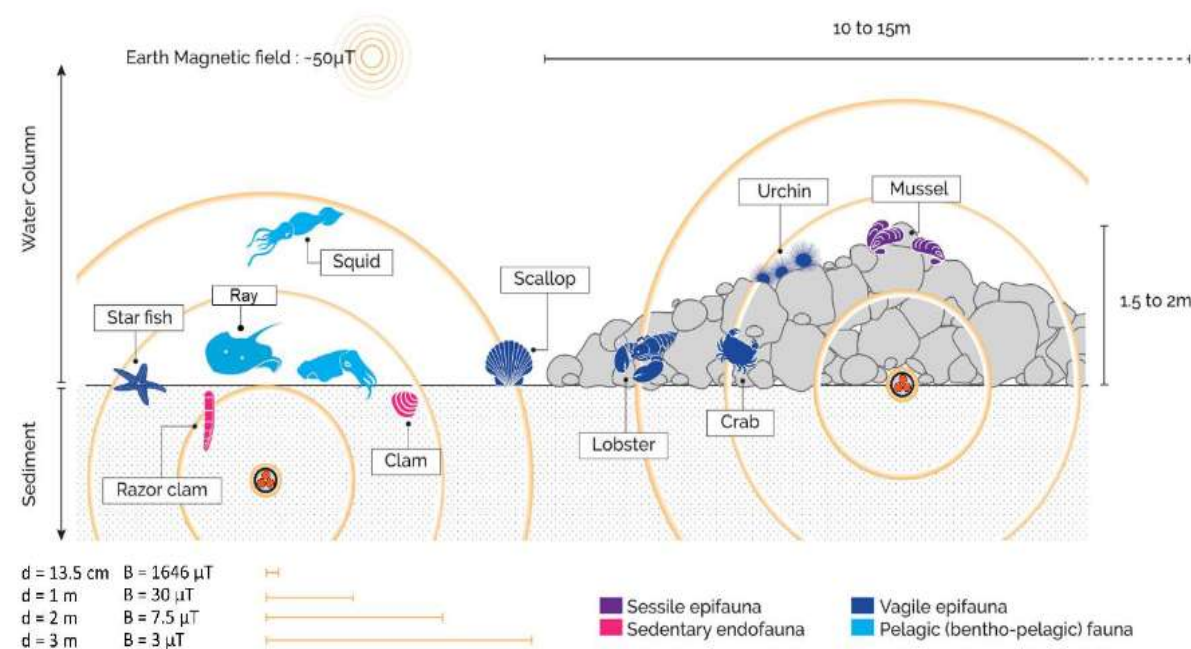
- Mesurés en volts par mètre (V/m) ou kilovolts par mètre (kV/m).
- Facilement bloqués ou atténués par des objets conducteurs (arbres, bâtiments, ...)
- Intensité décroît rapidement en s'éloignant de la source

Champs magnétiques

- Générés par le courant.

La lampe est branchée et allumée. Le courant produit en plus un champ magnétique.

- Mesurés en gauss (G) ou tesla (T)
- Traversent facilement la plupart des matériaux
- Intensité décroît rapidement en s'éloignant de la source



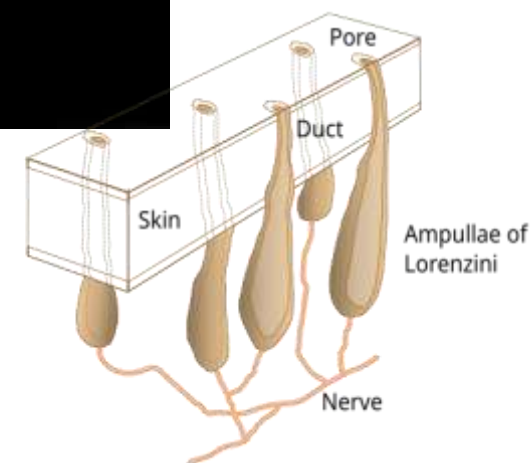
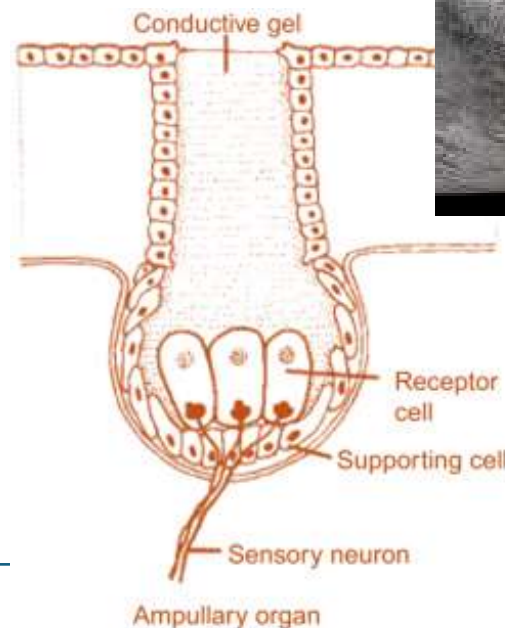
ESPÈCES ÉLECTRO-MAGNÉTO SENSIBLES

Utilise les champs magnétiques pour s'orienter et se reproduire

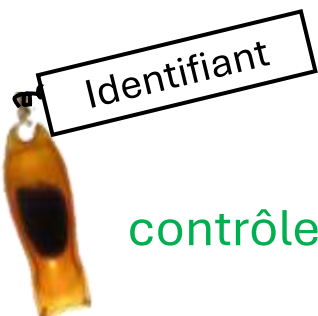


©David Villegas-Rios

Petites roussettes
Scyliorhinus canicula



ÉTUDES DES IMPACTS DES CHAMPS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

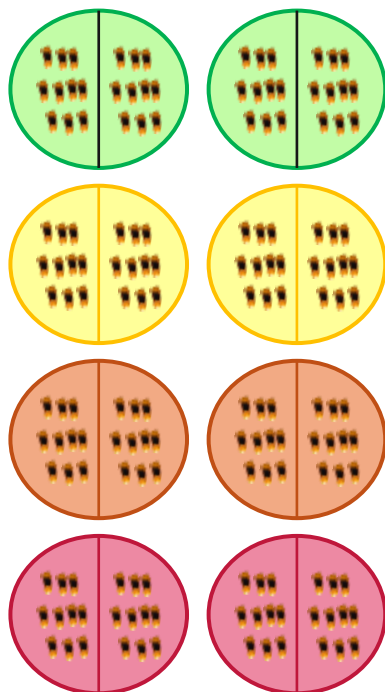


contrôle

10/50 μ t

100 μ t

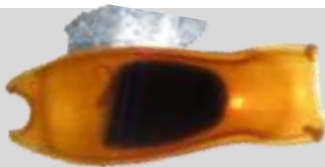
500 μ t



Milieu contrôlé



ÉTUDES DES IMPACTS DES CHAMPS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES



Survie

Croissance

- taille
- surface du sac vitellin
- stade de développement



Survie

Croissance

- taille
- surface du sac vitellin
- métabolisme
- comportement





Projet CEMARB



ÉTUDES DES IMPACTS DES CHAMPS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

Effets limités des champs électro-magnétiques en AC et DC sur la survie, croissance, métabolisme et comportement des petites roussettes dans les conditions expérimentales testées

Merci de votre attention ...



Vers la compréhension des dynamiques migratoires du thon rouge : projet PROMPT



Un grand migrateur, différents processus

Un grand migrateur emblématique

- Grand, rapide, endothermie
- Valeur commerciale élevée

Reproduction

- Mai-Juin-Juillet Entrée/sortie Méditerranée
- Plusieurs zones récurrentes en Méditerranée

Alimentation

- Remonte jusqu'en Scandinavie
- Traverse l'Atlantique (Canada)
- Localement: Entre et sort du Golfe du Lion

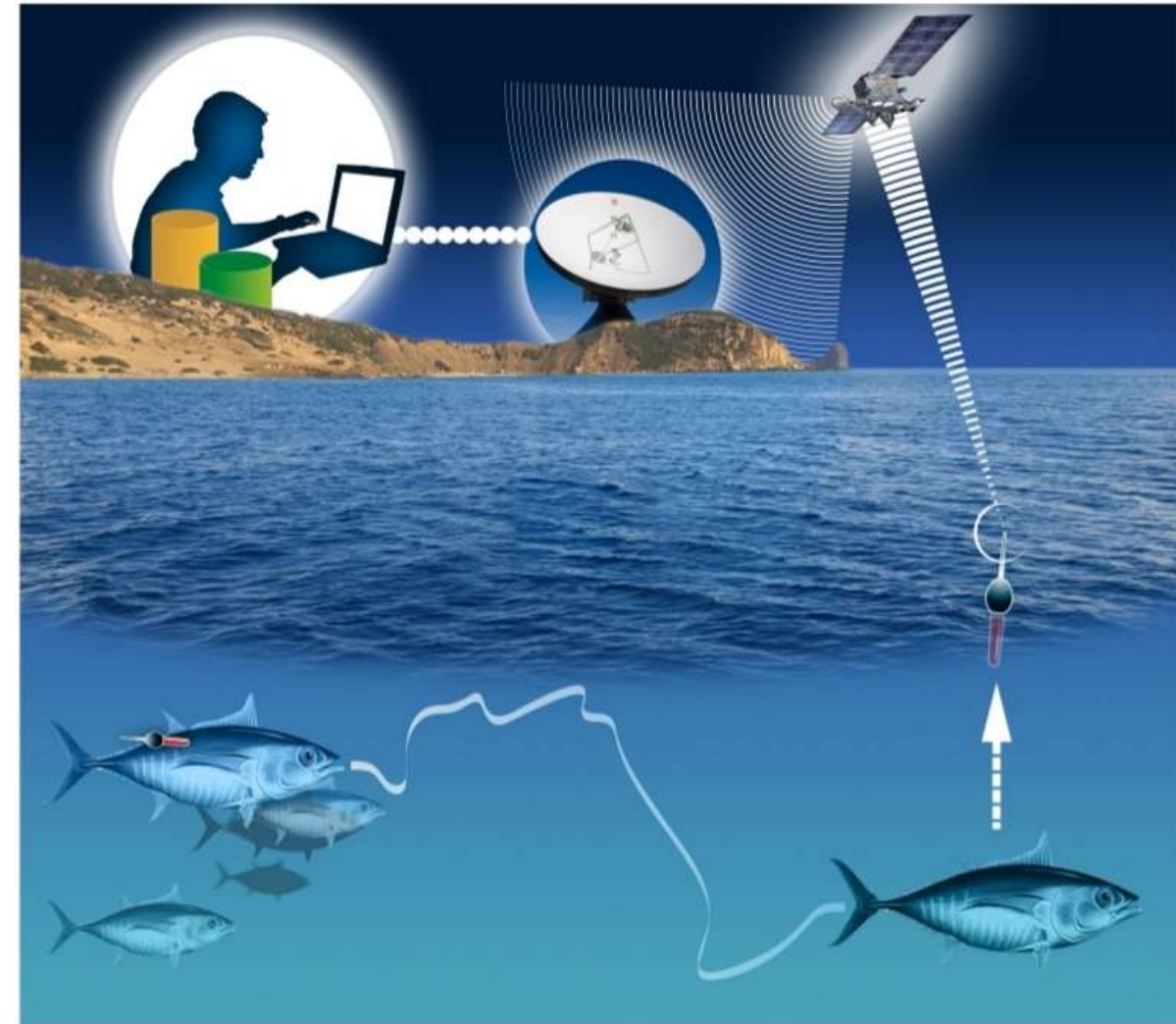
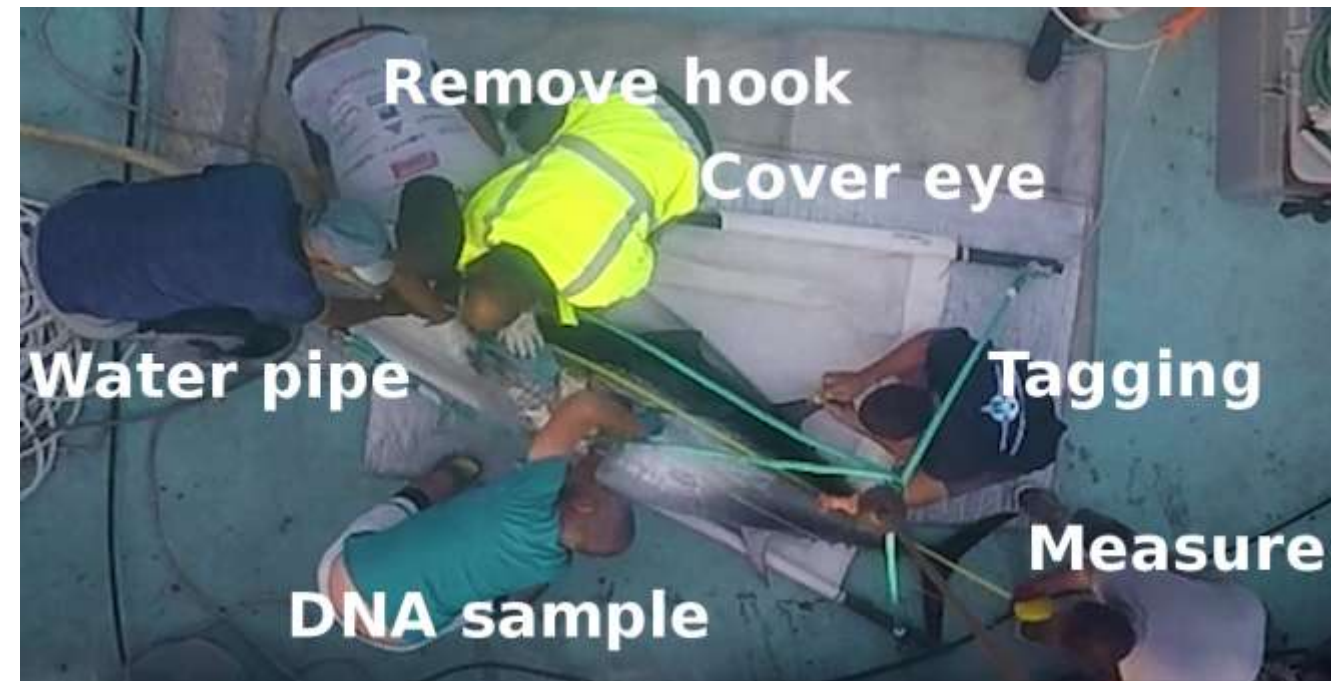
Migrations à la base de l'exploitation et de la conservation

- Migrations de repro = 75% des captures

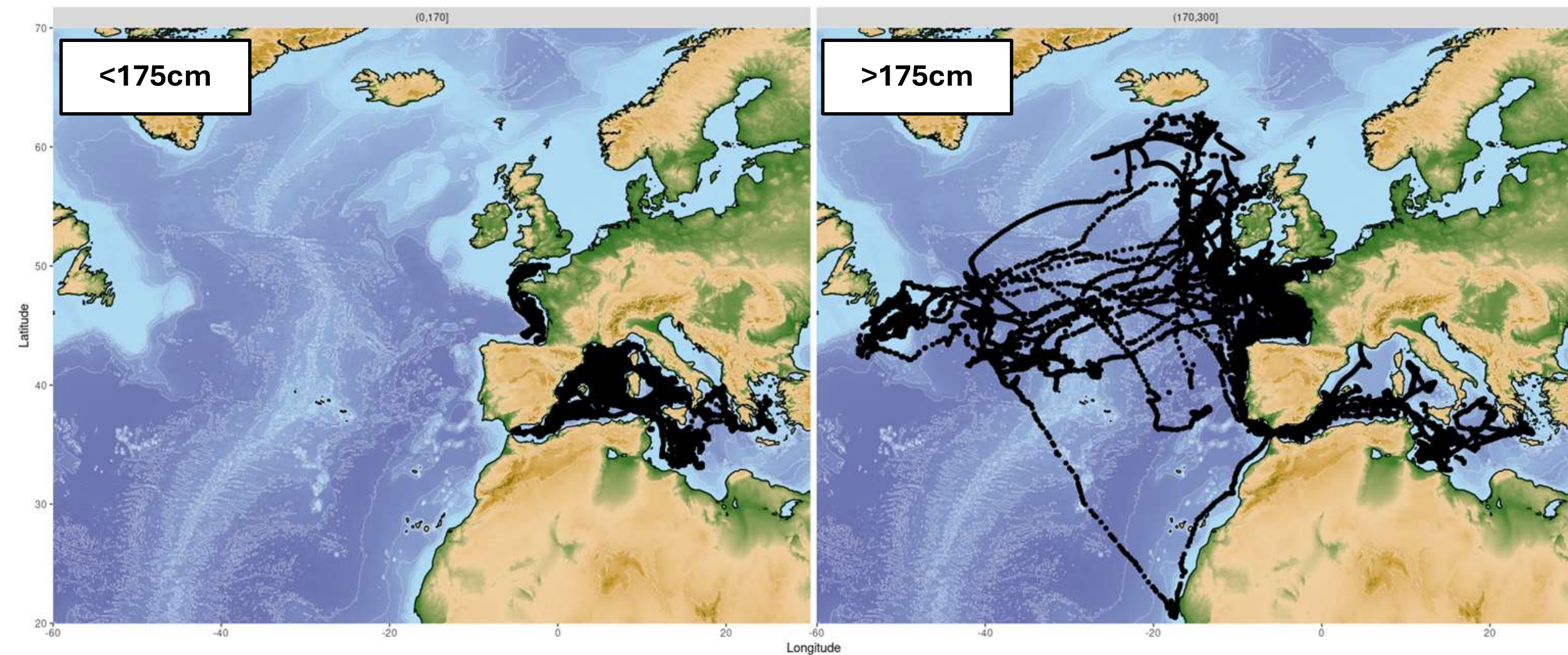
-> Effets de l'environnement, CC ?

ROUTES MIGRATOIRES DU STOCK
ATLANTIQUE EST / MÉDITERRANÉE

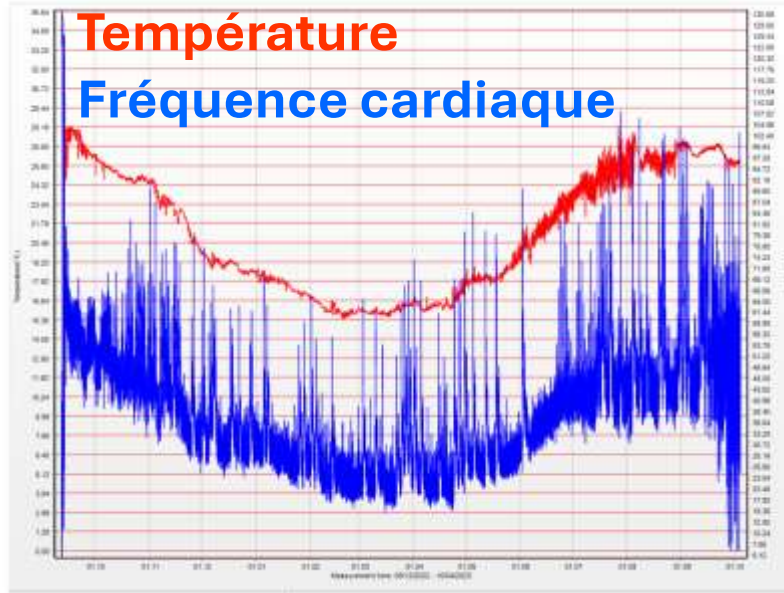
Marquage électronique



Des migrations affectées par la taille



Réponse migratoire au changement climatique ?



Étude de la physiologie des migrations

- Dynamique énergétique
 - Capacités locomotrices
- > Impact du CC ?

Approches

- Expérimentations de grande échelle
- Modéliser la réponse physiologique
- Un réseau de capteurs implantés

Vers une compréhension mécanistique

