



# EOLIEN EN MER : ÉTUDE HALIEUTIQUE POUR L'IMPLANTATION DE L'ÉOLIEN EN MER DANS LE GOLFE DU LION

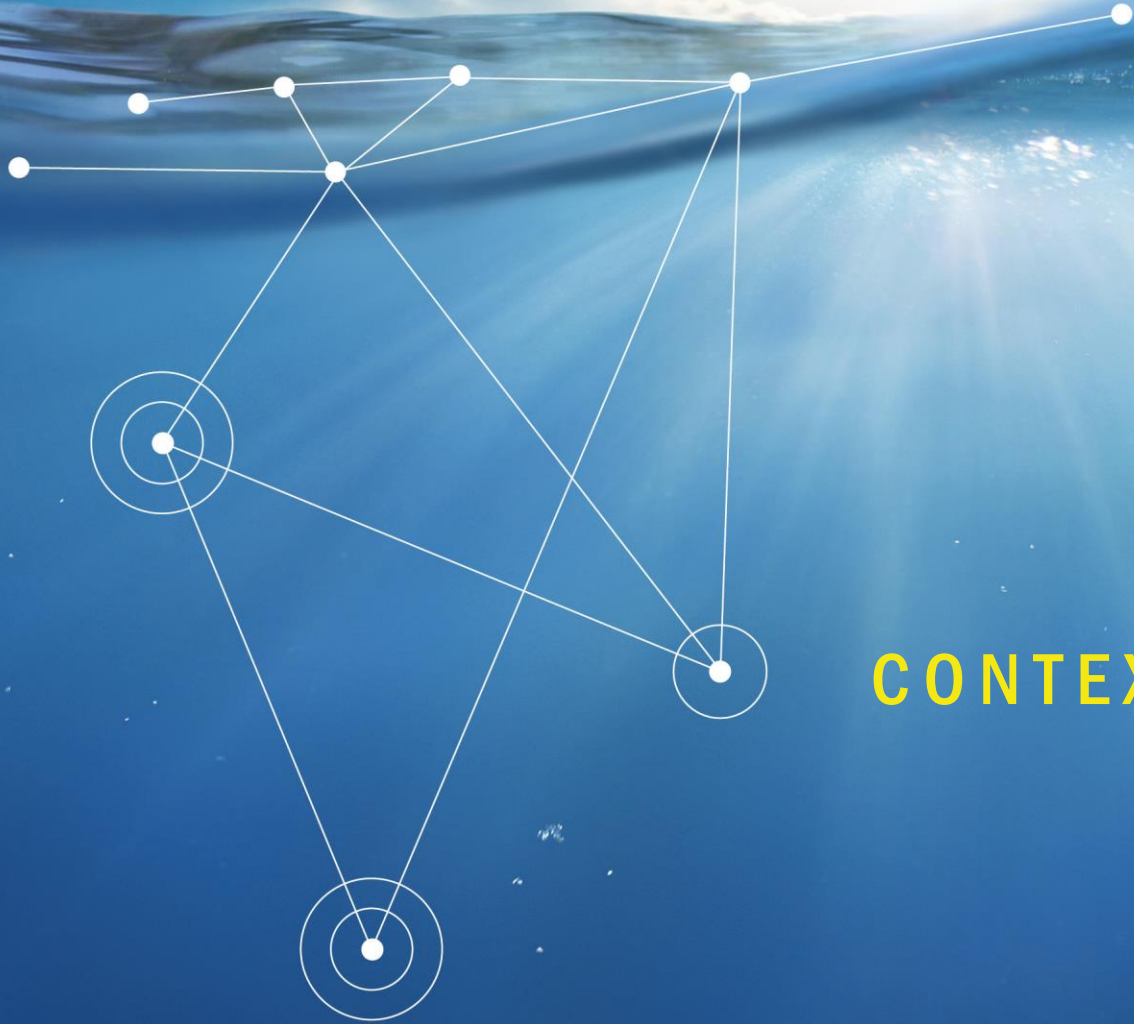


TAREK HATTAB  
SANDRINE VAZ  
PAULINE DE ROCK



AMANDINE THOMAS  
ERWANN QUIMBERT

**JOURNÉE ANNUELLE SEXTANT**  
**22/06/2021**



**CONTEXTE**

## Convention Ifremer-DGEC (Direction générale de l'énergie et du climat)

Convention relative à l'appui scientifique et technique apporté par l'Ifremer au MTES pour le déploiement de projets d'EMR (2019-2023)

- Appui en assistance à maîtrise d'ouvrage, pour la réalisation des états initiaux de l'environnement des futurs projets éoliens en mer

Sur les domaines de compétences de l'Ifremer :

- Qualité de l'eau et des sédiments (contaminants)
  - Habitats benthiques
  - Ressources halieutiques
- 
- Processus de participation du public

## Principales étapes d'un projet de parc :

Loi pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC, 2018)

Le ministre en charge de l'énergie saisit la CNDP pour organiser la **participation du public en amont** de la procédure de mise en concurrence

- 01/ Définition de la macro-zone de l'appel d'offre (Etat)
- 02/ Débat public (CNDP, Etat)
- 03/ Lancement appel d'offre (Etat)
- 04/ Etat initial environnemental (Etat)
- 05/ Désignation lauréat (Etat)
- 06/ Etude d'impact (Lauréat)
- 07/ Autorisations environnementales (Etat)
- 08/ Etat de référence (Lauréat)
- 09/ Travaux (Lauréat)
- 10/ Exploitation (Lauréat)
- 11/ Démantèlement (Lauréat)

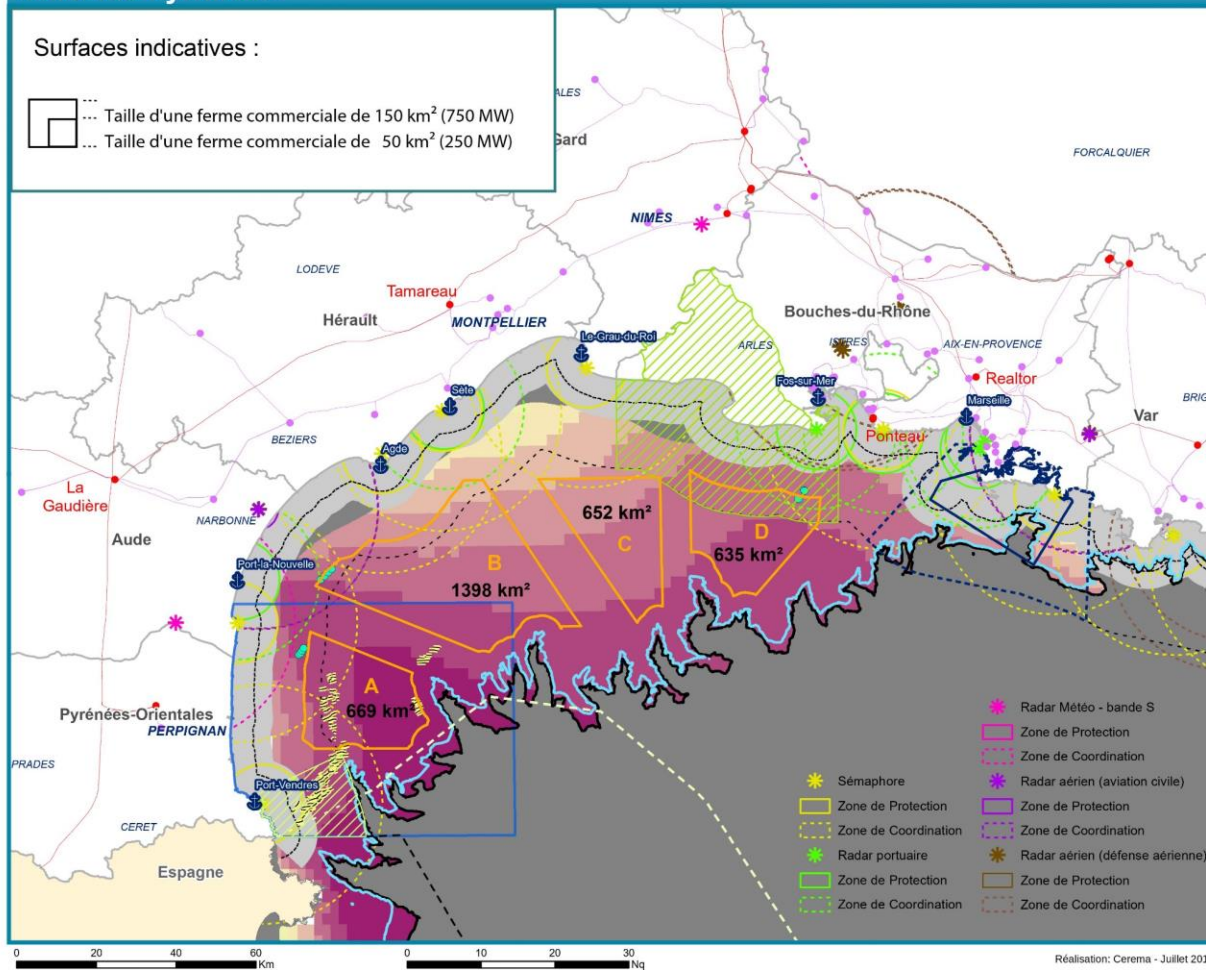
# Zone à potentiel éolien en mer proposée au débat

Le développement de l'éolien flottant en Méditerranée  
Annexe III du document de planification (juin 2018)

## Carte de synthèse

Surfaces indicatives :

- ... Taille d'une ferme commerciale de 150 km<sup>2</sup> (750 MW)
- ... Taille d'une ferme commerciale de 50 km<sup>2</sup> (250 MW)



**Réseau RTE**

- Poste 225 kV
- Poste 400 kV

**Ligne**

- Ligne 225 kV
- Ligne 400 kV

**Vitesse moyenne du vent à 100 m d'altitude (m/s)**

|         |         |           |
|---------|---------|-----------|
| 5 - 6   | 7.5 - 8 | 9.5 - 10  |
| 6 - 6.5 | 8 - 8.5 | 10 - 10.5 |
| 6.5 - 7 | 8.5 - 9 |           |
| 7 - 7.5 | 9 - 9.5 |           |

**Macro-zone**

- Distance de 10km de la côte
- Eolienne ferme pilote
- Port
- Ligne bathymétrique - 200 m
- Ligne bathymétrique - 350 m
- Limite des 3 milles
- Limite des 12 milles
- Limite de la ZEE française
- Limite de la ZEE espagnole
- Cœur de parc du Parc national des Calanques
- Aire d'adhésion du Parc national des Calanques
- Parc Naturel Marin
- Dunes sableuses sous-marines profondes

**Natura 2000 - Directive oiseaux**

- Camargue
- Cap Béar - Cap Cerbère

**Autres symboles :**

- ★ Radar Météo - bande S
- Zone de Protection
- Zone de Coordination
- ★ Radar aérien (aviation civile)
- Zone de Protection
- Zone de Coordination
- Zone de Coordination
- Zone de Coordination
- Radar portuaire
- Zone de Protection
- Zone de Protection
- Zone de Coordination
- Zone de Coordination
- Radar aérien (défense aérienne)
- Zone de Protection
- Zone de Coordination

**Source - Copyrights :**  
 RTE  
 AFB  
 Météo France - Modèle AROME (2004 - 2013)  
 Courants de marée du Shom  
 Bathymétrie projet Honorim - Shom  
 Pays limitrophes - EEA  
 GEOFLA® - ©IGN Paris - Reproduction interdite

**Pour en savoir plus :**  
[www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr](http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr)

Projection : RGF 1993 Lambert-93

Réalisation : Cerema - Juillet 2018

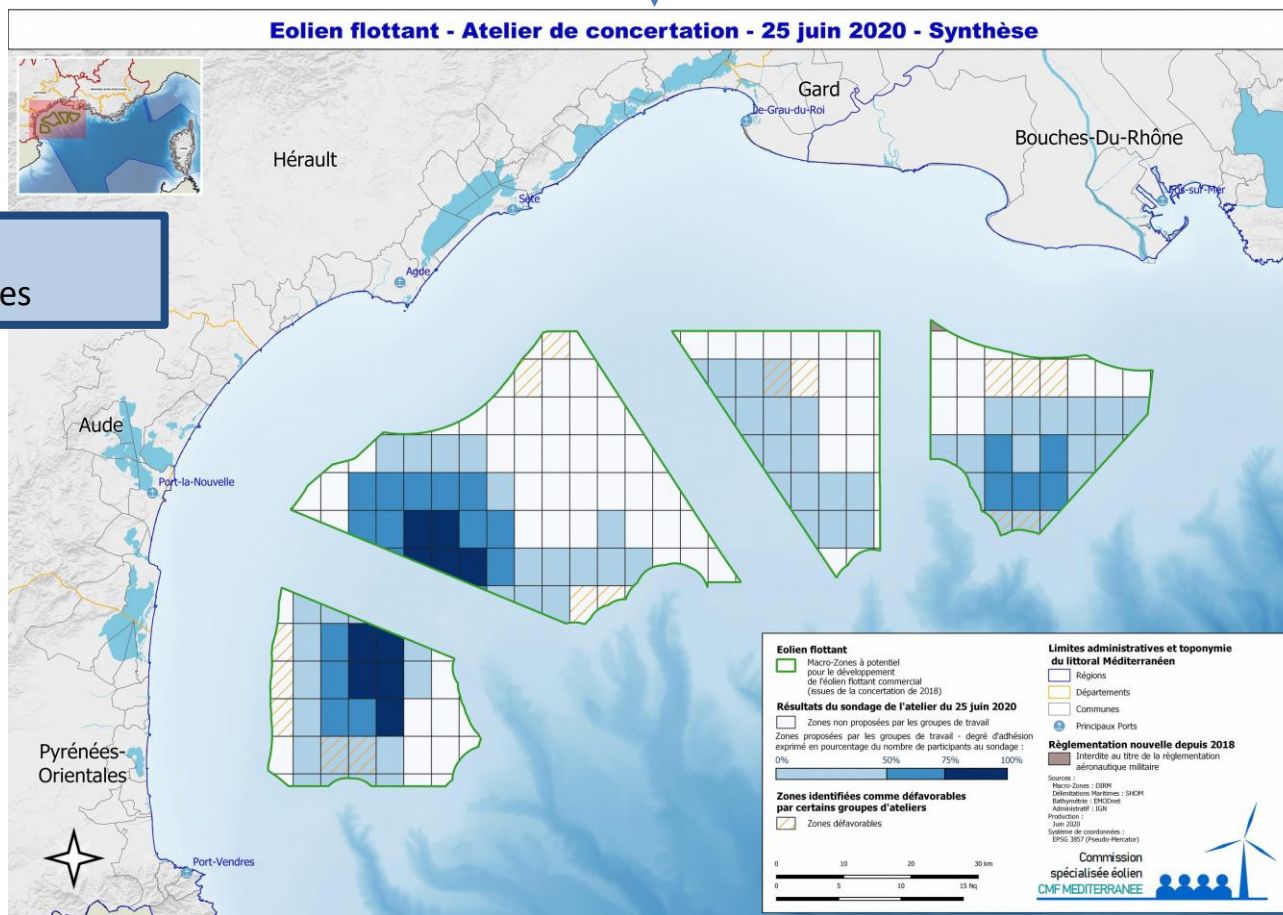
## Suite de la concertation pour trouver les zones préférentielles

Concertation des acteurs  
et élaboration de cartes  
par enjeu  
Nov 2019 – juin 2020

Concertation des acteurs ensemble  
sous le format d'atelier multi-acteurs  
Juin 2020



Identification de zones préférentielles



# Spatialisation des risques d'effets - Méthode globale

## 1) Répertorier les espèces/habitats présents dans l'aire d'étude

## 2) Carte d'enjeu

- L'enjeu traduit les préoccupations patrimoniales relatives aux espèces en présence.
- Prend en compte : la vulnérabilité, la densité et la part de la population du secteur.
- Caractérisé par sa valeur intrinsèque - totalement indépendant du projet.

## 3) Prise en compte de la sensibilité à un parc éolien

- Risque de perte/dégradation de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation d'un projet de parc d'éoliennes en mer.
- Évaluée notamment grâce au retour d'expérience des parcs déjà construits en Mer du Nord et dans la Manche.

## 4) Carte de synthèse des risques d'effets

- ! **Risques d'effets ≠ impacts (on ne connaît pas les caractéristiques du parc)**
- Conséquence potentielle d'un effet sur l'environnement si un projet été construit.
- Le risque d'effet est obtenu en croisant la valeur définie pour l'enjeu et celle pour la sensibilité.

# Objectifs de l'étude

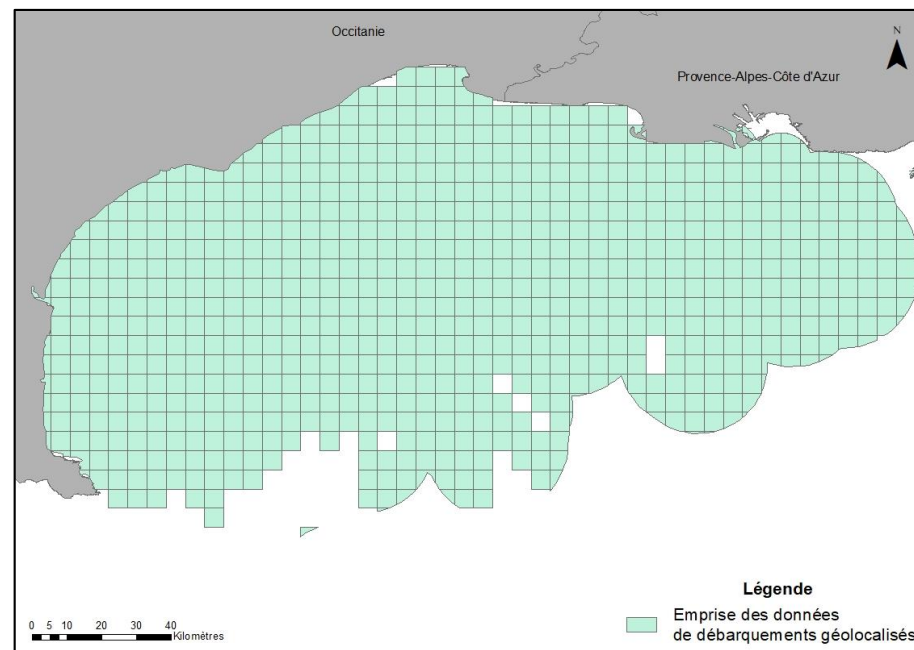
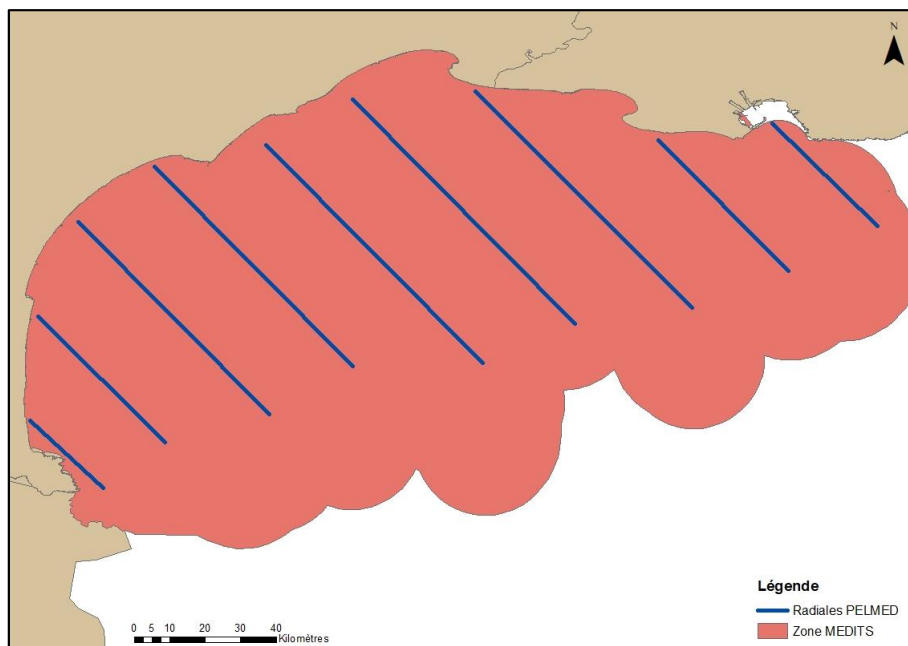
- (1) Evaluation et caractérisation du risque associé à l'implantation d'un parc EMR pour les espèces halieutiques
- (2) Protection des zones fonctionnelles halieutiques



# Données utilisées

- Campagnes halieutiques: MEDITS et PELMED

- Données de pêche (débarquements géolocalisés)



# Méthode pour les cartes de distribution (densité des espèces)

- ❑ Cartes avec interpolation:

Campagne MEDITS → Krigeage (grille raster)

Campagne PELMED → Krigeage anisotrope (grille raster)

- ❑ Cartes sans interpolation:

Densité moyenne sur la période d'étude (points shape)

# Carte annuelle

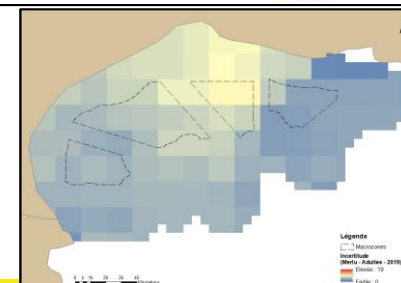
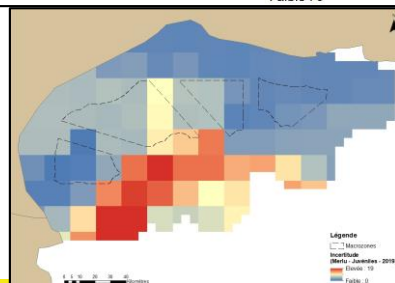
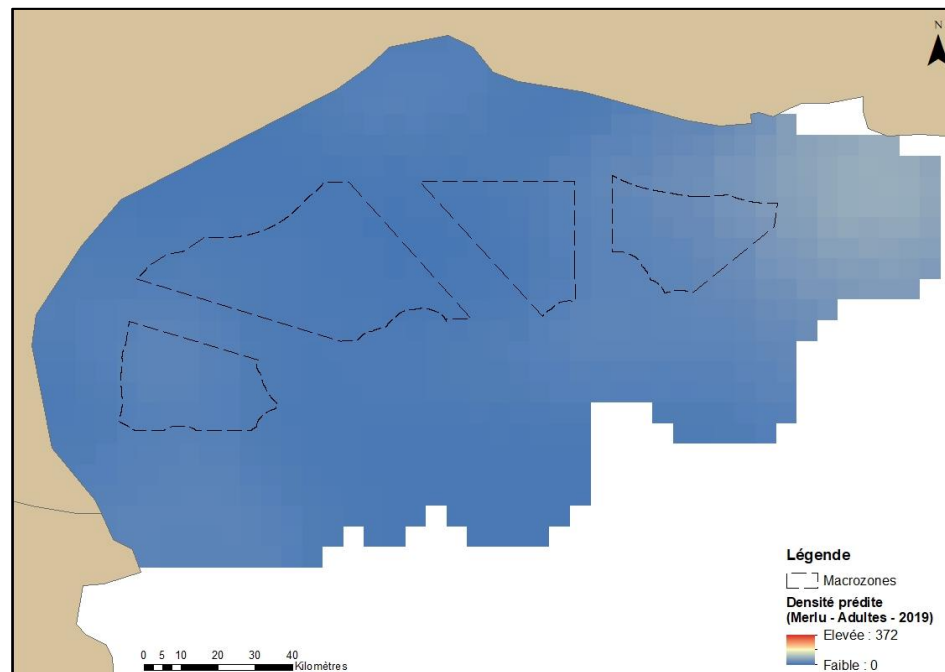
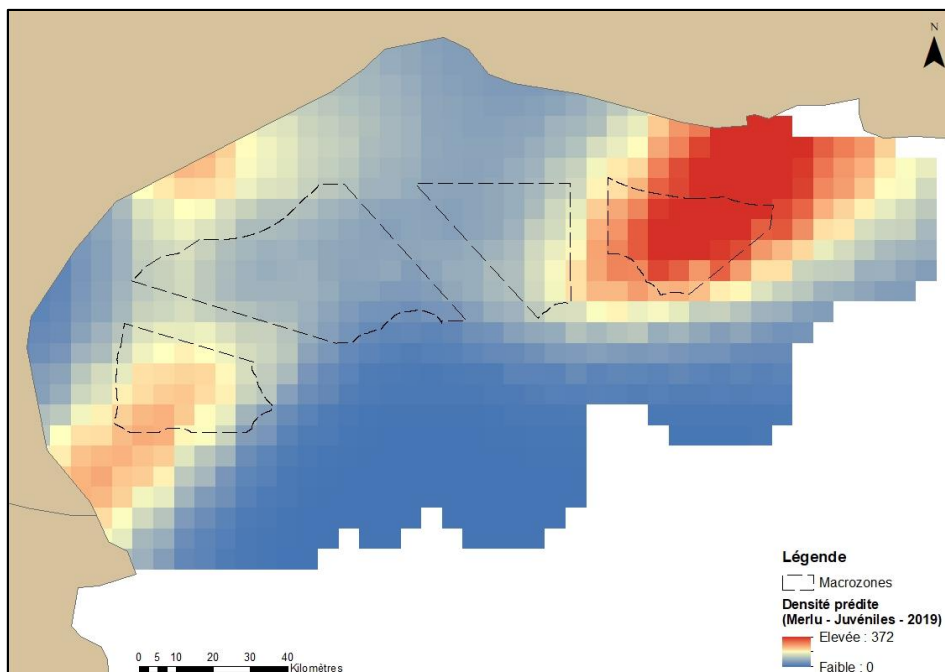
Méditerranée

Merlu - 2019

Juveniles

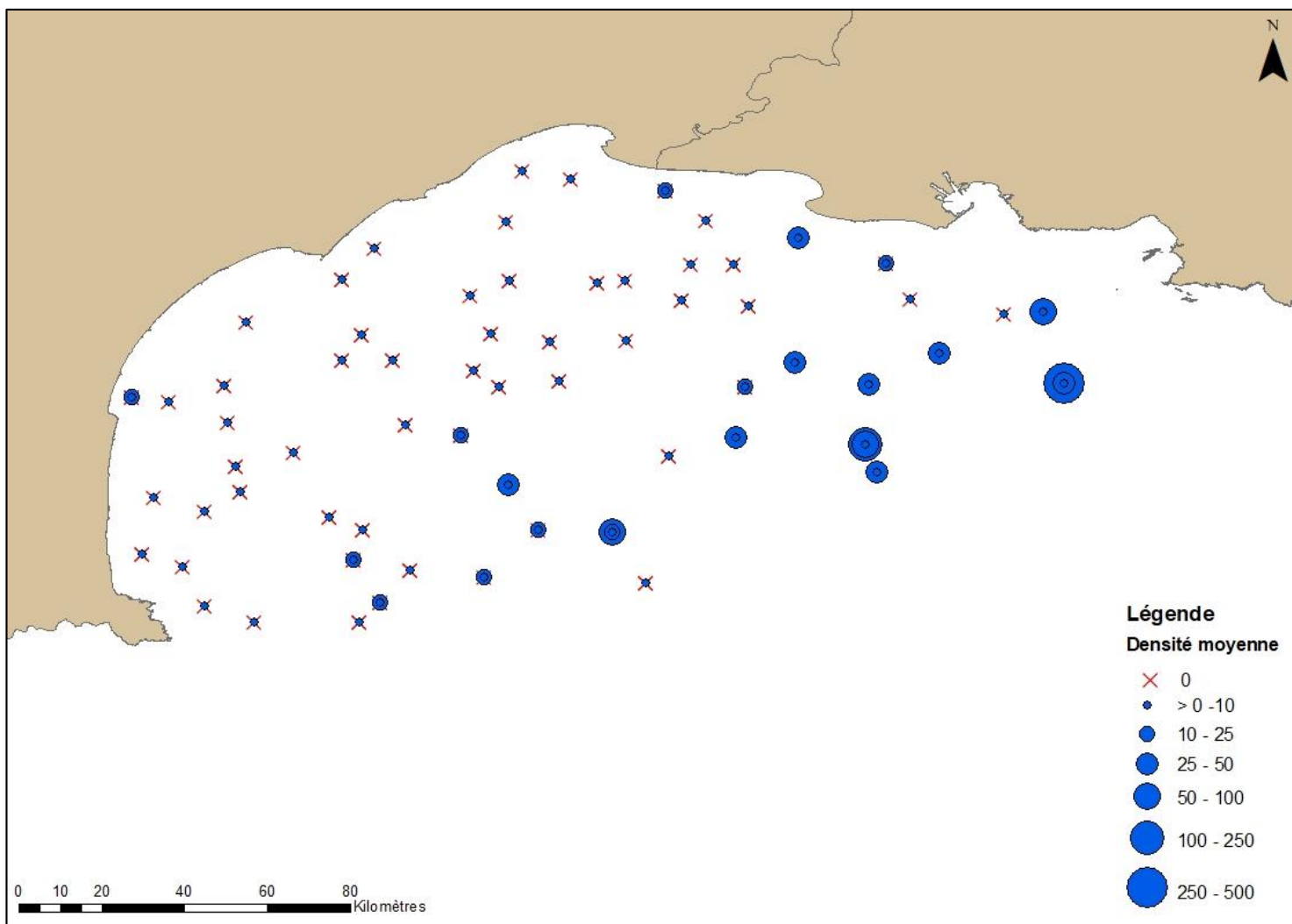


Adultes



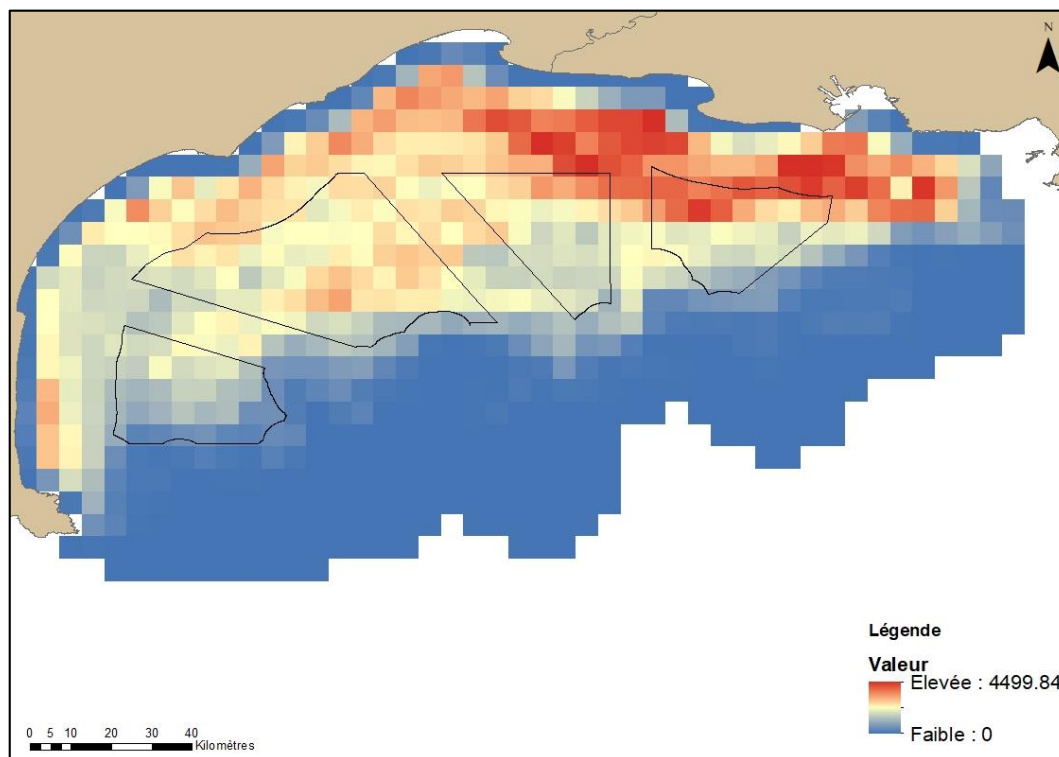
# Carte de densité sans interpolation

14 espèces de sélaciens

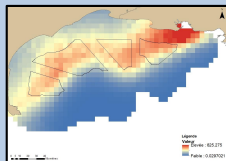


# A partir des données géolocalisées de pêche

- Calcul de la capture par unité d'effort annuelle par espèce



# Étapes pour obtenir le risque d'effet



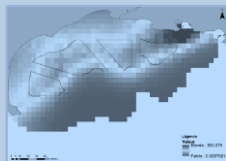
## Représentativité Campagnes halieutiques

Par stade de vie (juvénile/adulte) OU  
Par espèce

$$RC = \frac{\textit{densité macrozones}}{\textit{densité totale}}$$

**Par**  
**Espèce**

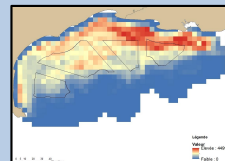
# Étapes pour obtenir le risque d'effet



Représentativité  
Campagnes halieutiques

Par stade de vie (juvénile/adulte) OU  
Par espèce

$$RC = \frac{\text{densité macrozones}}{\text{densité totale}}$$



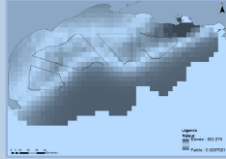
Représentativité  
Pêche

Par espèce

$$RP = \frac{\text{capture macrozones}}{\text{capture totale}}$$

**Par**  
**Espèce**

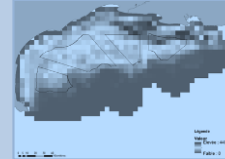
# Étapes pour obtenir le risque d'effet



Représentativité  
Campagnes halieutiques

Par stade de vie (juvénile/adulte) OU  
Par espèce

$$RC = \frac{\text{densité macrozones}}{\text{densité totale}}$$



Représentativité  
Pêche

Par espèce

$$RP = \frac{\text{capture macrozones}}{\text{capture totale}}$$

Vulnérabilité  
(IUCN, Evaluation stocks)

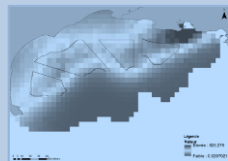
Par espèce

$$v = 0 \text{ à } 1$$

**Par  
Espèce**



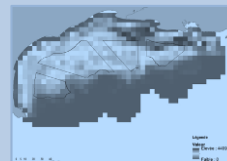
# Étapes pour obtenir le risque d'effet



Représentativité  
Campagnes halieutiques

Par stade de vie (juvénile/adulte) OU  
Par espèce

$$RC = \frac{\text{densité macrozones}}{\text{densité totale}}$$



Représentativité  
Pêche

Par espèce

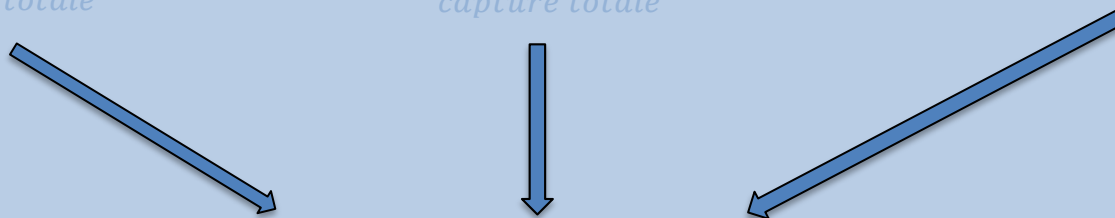
$$RP = \frac{\text{capture macrozones}}{\text{capture totale}}$$

Vulnérabilité  
(IUCN, Evaluation stocks)

Par espèce

$V = 0 \text{ à } 1$

Par  
Espèce



Responsabilité de l'espèce

Calcul intégrant l'enjeu exploitation  
moyenne ( $\frac{1}{4}$  représentativité pêche +  $\frac{1}{4}$  représentativité campagnes +  $\frac{1}{2}$  vulnérabilité)

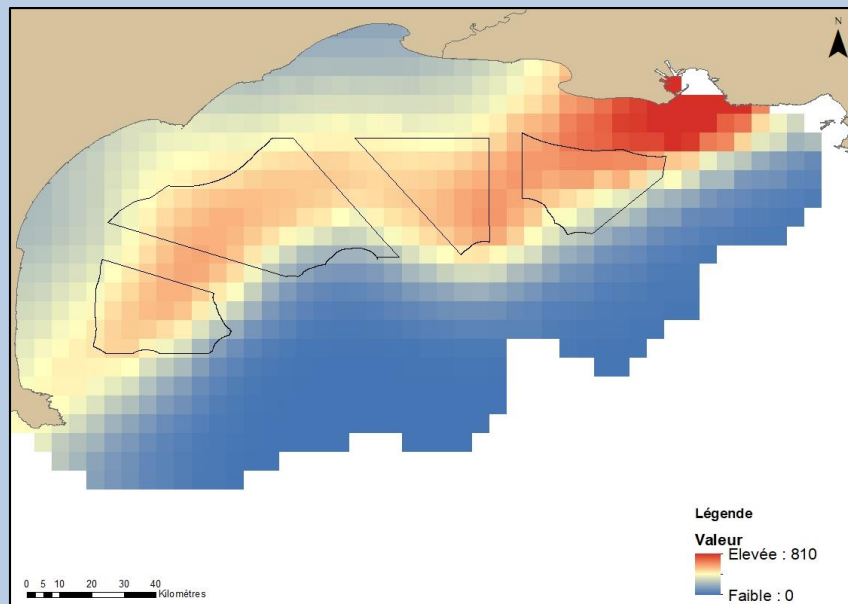
$$\text{Responsabilité} = \frac{((RC+RP)/2) + V}{2}$$

# Evaluation de l'incertitude: ré-échantillonnage par bootstrapping

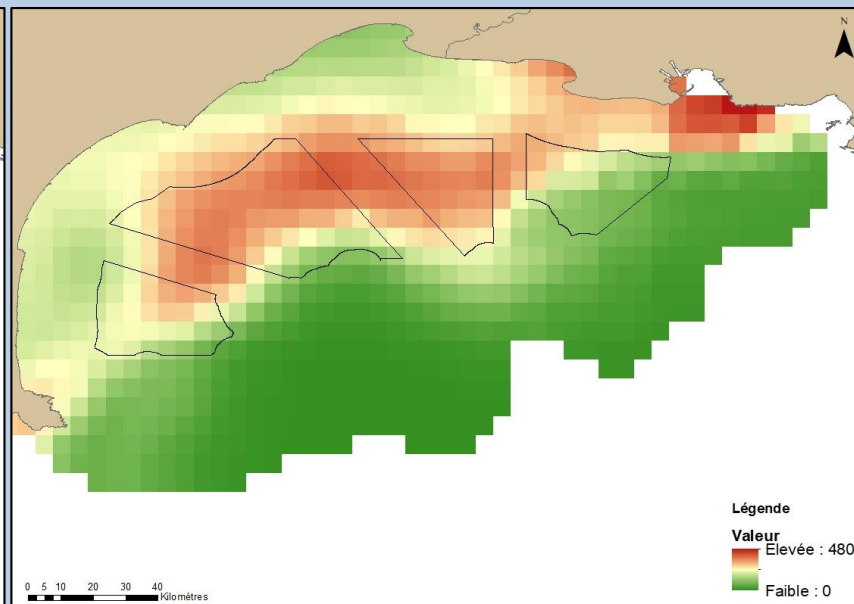
- Permet l'intégration de l'incertitude
- Création d'un nouvel échantillon par tirage aléatoire à partir de l'échantillon initial
- Ré-échantillonnage constant

# Evaluation de l'incertitude

Carte densité moyenne 2015-2019



Ecart-type

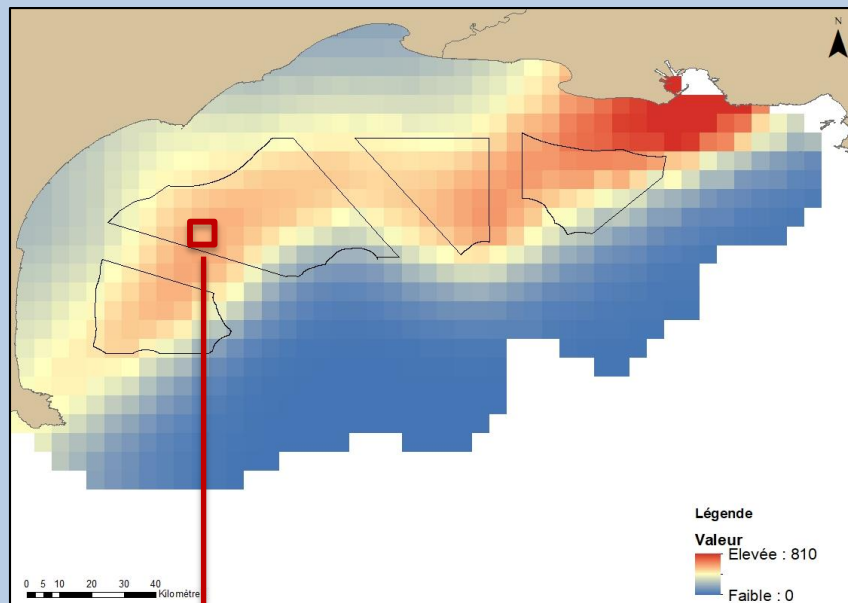


Par

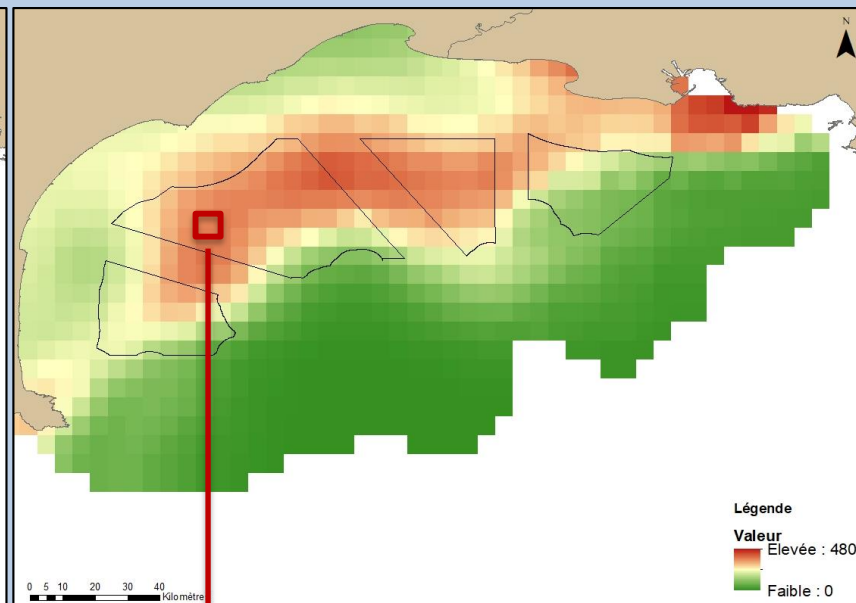
Espèce

# Evaluation de l'incertitude

Carte densité moyenne 2015-2019



Ecart-type



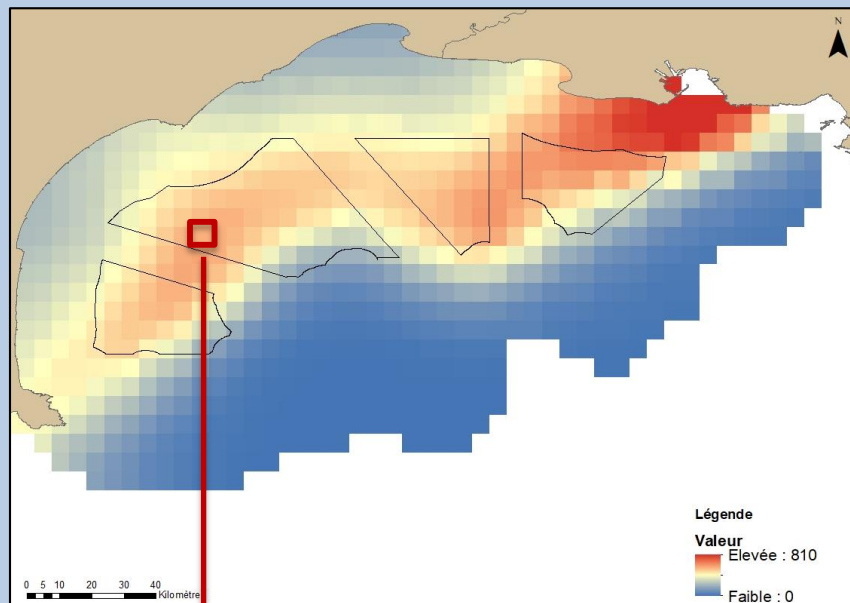
Par

Espèce

Pour ce pixel, la densité est de 467 et l'écart-type est de 331.  
 Création d'un intervalle [ - 331 : 331 ] avec 100 valeurs  
 Sélection aléatoire d'une valeur à l'intérieur : - 30

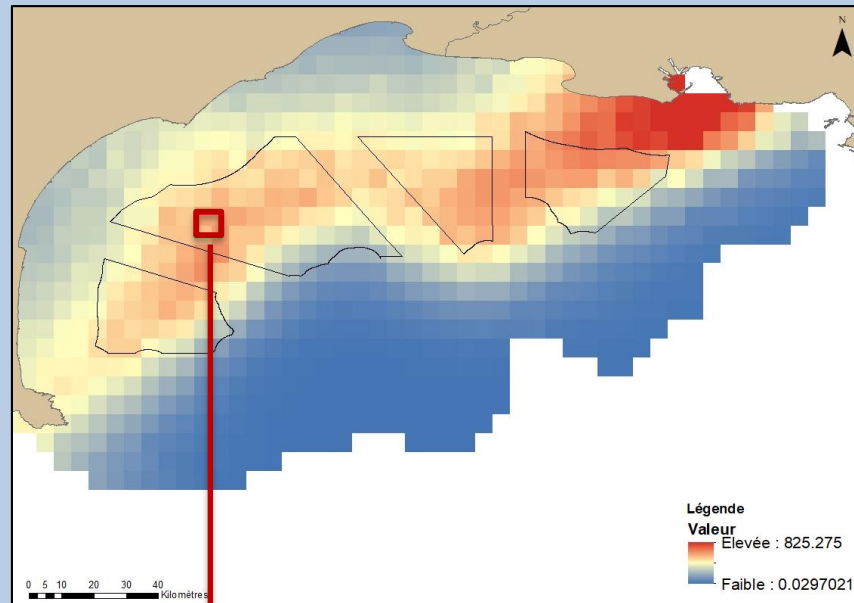
# Evaluation de l'incertitude

Carte densité moyenne 2015-2019



Valeur initiale : 467

Carte de densité bruitée



Valeur bruitée : 437

Ajout de la valeur aléatoirement choisie à la carte initiale  
Création d'une carte bruitée qui prend en compte l'écart type

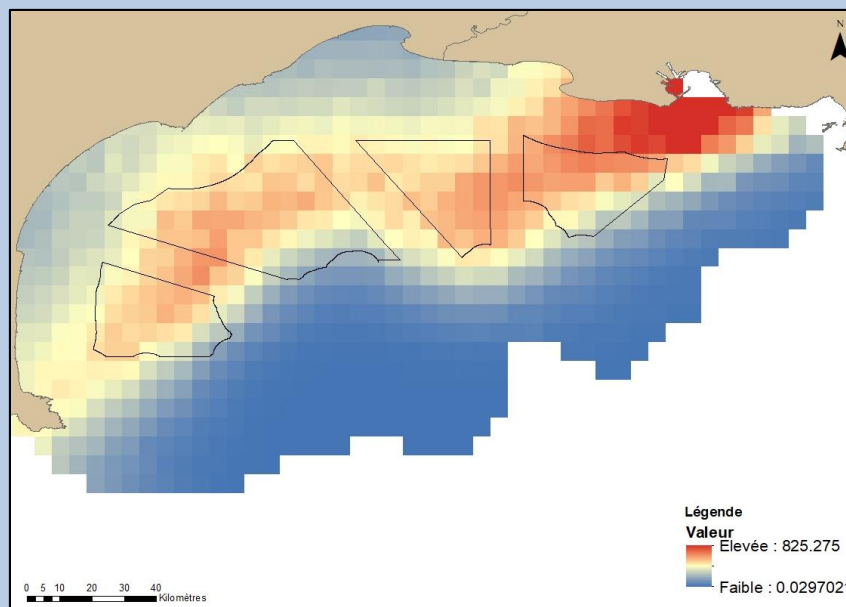
Par  
Espèce

# Evaluation de l'incertitude

Par

Espèce

Carte de densité bruitée



C'est à partir de cette nouvelle carte que nous allons calculer tous les indices et étapes permettant d'obtenir le risque d'effet.

# Evaluation de l'incertitude

MAIS répétition du processus X fois...

**Par**

**Espèce**

# Evaluation de l'incertitude

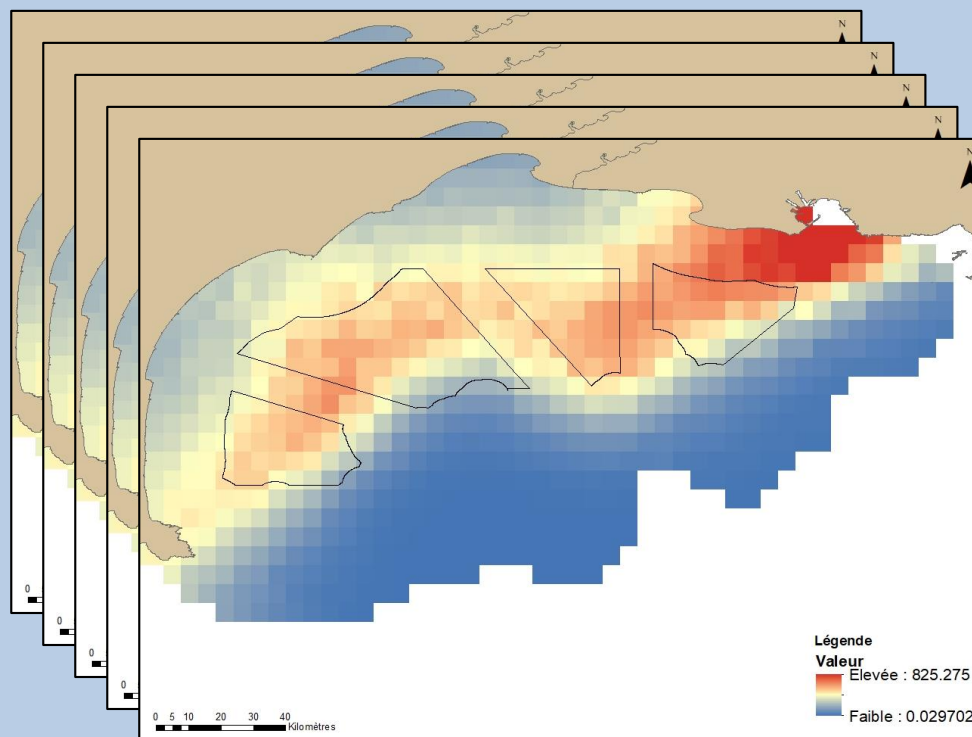
MAIS répétition du processus X fois...

Création d'un intervalle [ - 331 : 331 ] avec 100 valeurs

Sélection de différentes valeurs possibles à chaque fois : - 30, 100, 253, - 309, 5, - 78

= ré-échantillonnage constant

X cartes de densité bruitée possibles

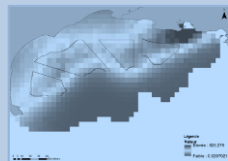


Par

Espèce



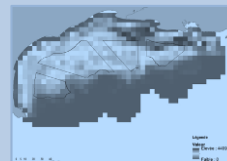
# Étapes pour obtenir le risque d'effet



Représentativité  
Campagnes halieutiques

Par stade de vie (juvénile/adulte) OU  
Par espèce

$$RC = \frac{\text{densité macrozones}}{\text{densité totale}}$$



Représentativité  
Pêche

Par espèce

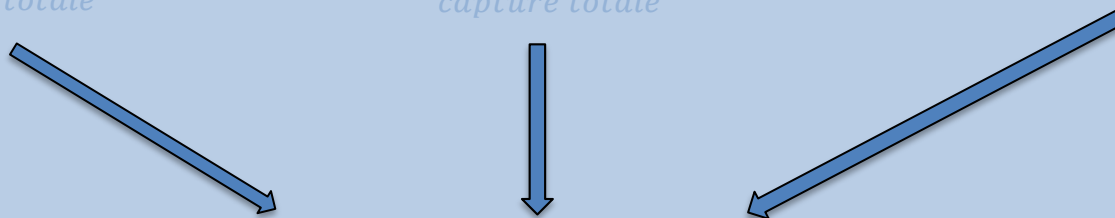
$$RP = \frac{\text{capture macrozones}}{\text{capture totale}}$$

Vulnérabilité  
(IUCN, Evaluation stocks)

Par espèce

$$V = 0 \text{ à } 1$$

Par  
Espèce



Responsabilité de l'espèce

Calcul intégrant l'enjeu exploitation  
moyenne (¼ représentativité pêche + ¼ représentativité campagnes + ½ vulnérabilité)

$$\text{Responsabilité} = \frac{((RC+RP)/2) + V}{2}$$

# Étapes pour obtenir le risque d'effet

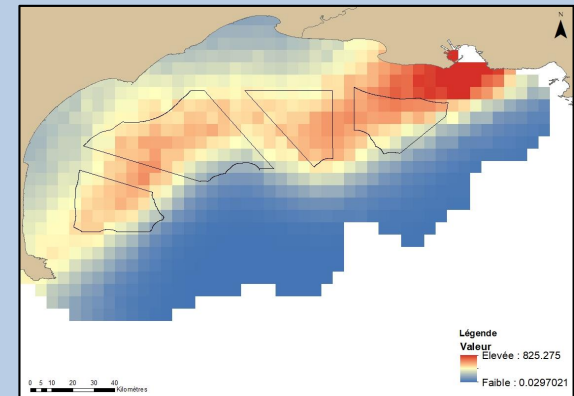
Responsabilité de l'espèce

Par stade de vie ou par espèce

$$\text{Responsabilité} = \frac{((RC+RP)/2) + V}{2}$$

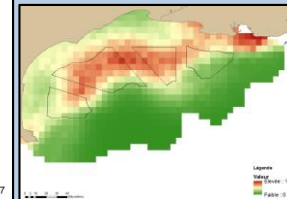
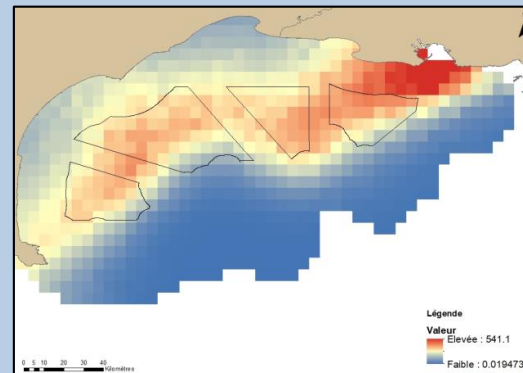
Densité interpolée moyenne  
bruitée

Par stade de vie ou par espèce



Multiplication

Enjeu de l'espèce



Par  
Espèce

# Étapes pour obtenir le risque d'effet

## Sensibilité à l'éolien

Matrice de sensibilité à dire d'experts

- Moyenne pondérée des valeurs de sensibilité obtenues pour chaque impact
- Valeur maximale retenue pour obtenir un indice de sensibilité global à l'éolien pour chaque espèce

Par

Espèce

<https://forms.ifremer.fr/lhm/matrice-de-sensibilite-a-leolien-flottant/>

Laboratoire Halieutique Méditerranée

---

### Matrice de sensibilité à l'éolien flottant

Page 1 sur 4

#### CONTEXTE

---

Dans le cadre du sixième appel d'offres (AO6) pour l'éolien en mer en France, une étude est réalisée par Ifremer pour identifier les zones de moindre contrainte pour l'ichtyofaune, les mollusques, les crustacés et certains invertébrés benthiques sensibles. Cette étude se focalise sur le Golfe du Lion, en mer Méditerranée mais un grand nombre d'espèces sont également présentes en Atlantique.

L'étude a deux objectifs: 1) évaluer et caractériser le risque associé de ces espèces à l'implantation d'un parc éolien en mer flottant, et 2) protéger les zones fonctionnelles halieutiques et les habitats.

#### Objectif du questionnaire

---

Ce questionnaire répond au premier objectif de l'étude et servira à créer une matrice de sensibilité de ces espèces à l'éolien flottant.

**La sensibilité est définie comme suit: caractéristique intrinsèque d'une espèce définie par la combinaison de sa capacité à tolérer une pression externe (résistance) et du temps nécessaire à sa récupération suite à une dégradation (résilience).**

La sensibilité dans ce questionnaire peut être évaluée comme aucune, faible, modérée, forte ou inconnue.

Ce sondage comporte une page de contexte, une page décrivant un parc éolien flottant et quatre pages portant chacune sur un groupe d'espèce distinct (poisson, mollusque, crustacé, invertébré benthique) et comportant neuf questions chacune (une question par type d'impact de l'éolien). 59 espèces sont évaluées au total.

# Étapes pour obtenir le risque d'effet

Par  
Espèce

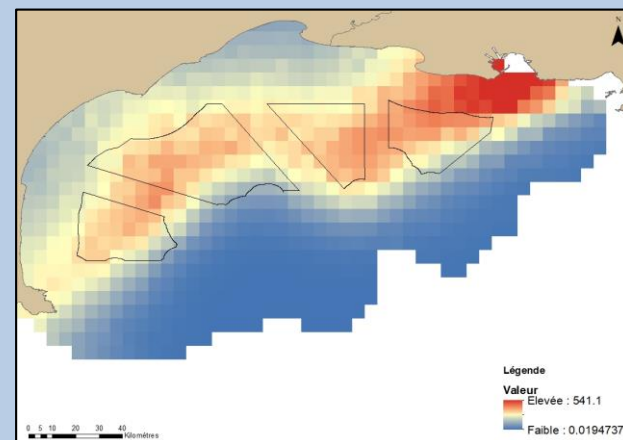
## Sensibilité

Matrice de sensibilité à dire d'experts

- Moyenne pondérée des réponses obtenues pour chaque impact
- Valeur maximale retenue par espèce

$$S = \text{maximum}(\text{moyennes pondérées})$$

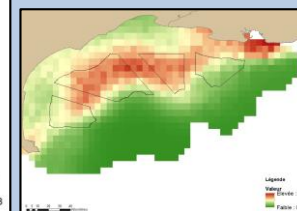
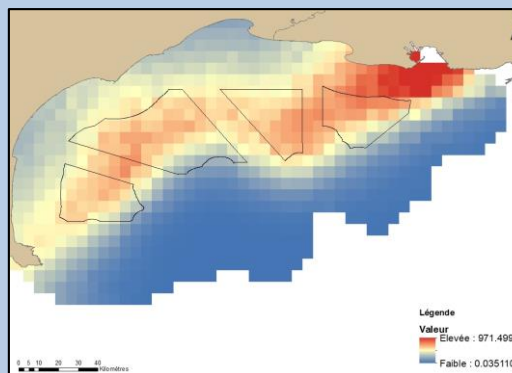
## Enjeu de l'espèce



Multiplication

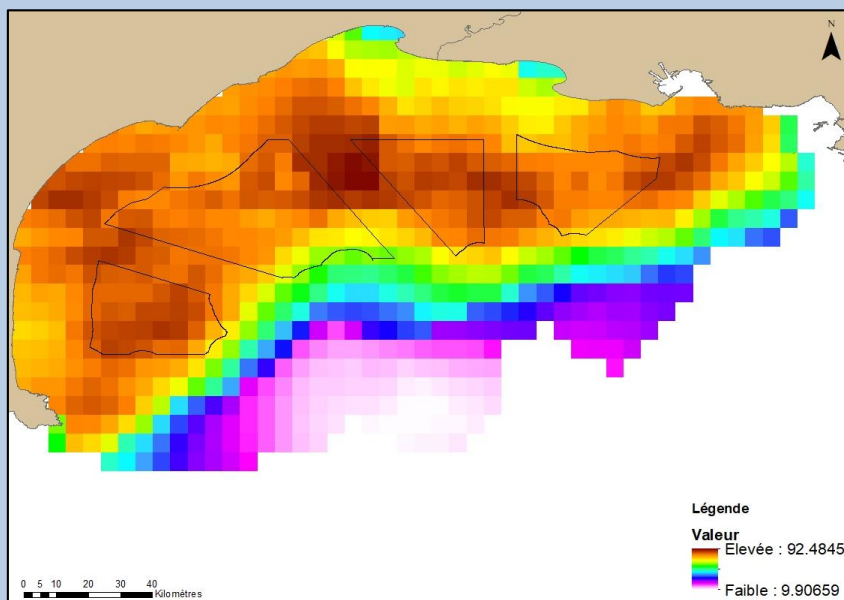
**Pondération de l'importance de chaque espèce en fonction de la sensibilité**

## Risque d'effet de l'espèce

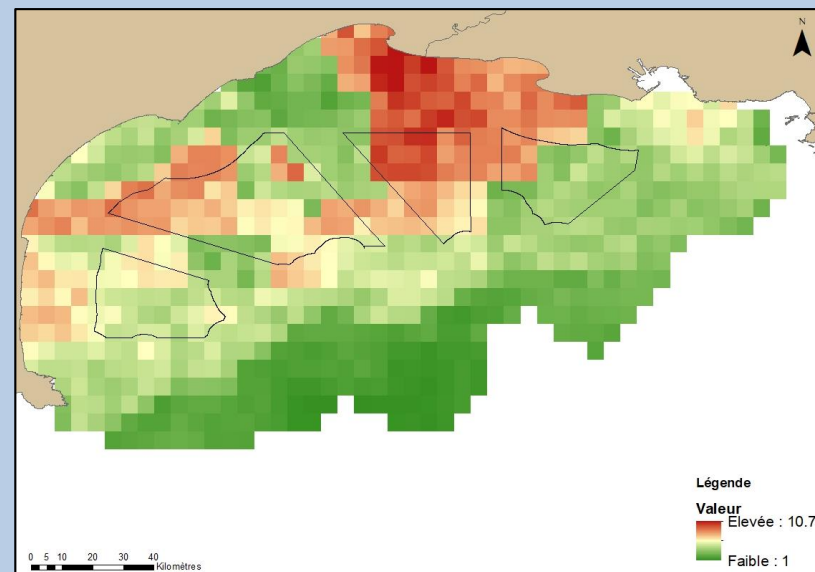


# Étapes pour obtenir le risque d'effet

Risque d'effet global (toutes espèces confondues)



Incertitude

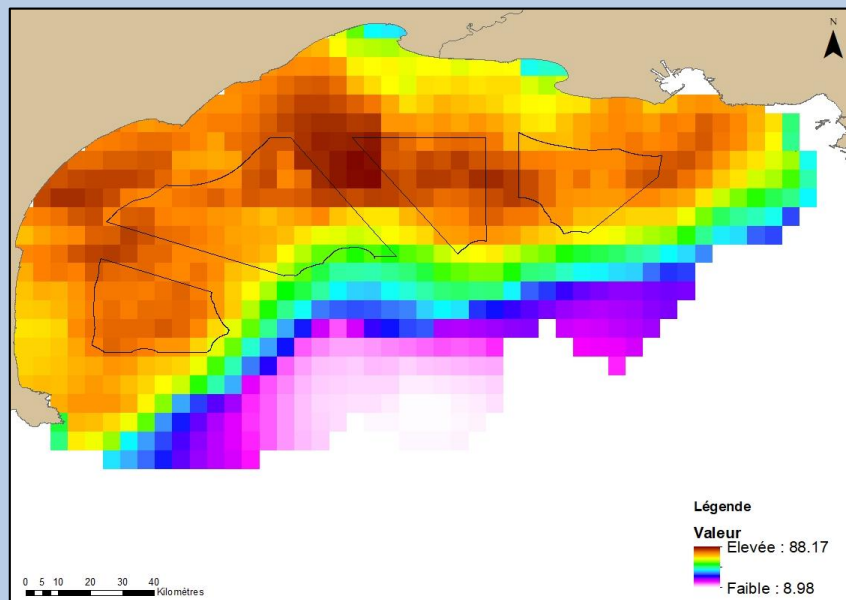


Toutes  
Espèces  
Confondues

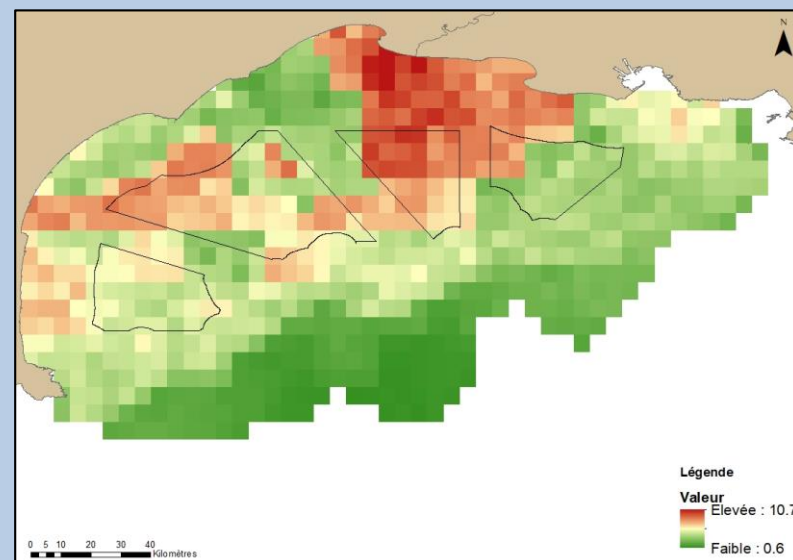
Approche  
« raster »

# Étapes pour obtenir le risque d'effet

Risque d'effet global sans invertébrés benthiques



Incertitude



Toutes  
Espèces  
Confondues

Approche  
« raster »

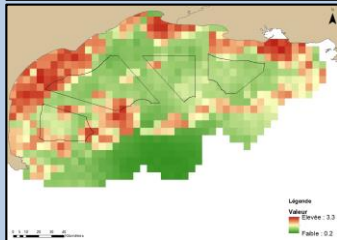
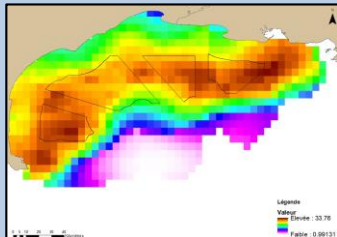
# Étapes pour obtenir le risque d'effet

Risque d'effet global décliné par sous-fonction ou groupe

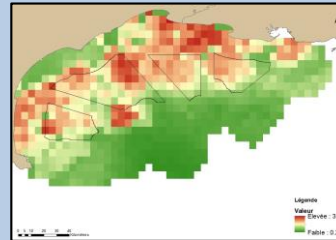
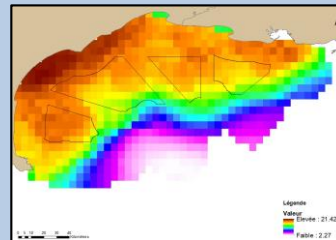
Toutes  
Espèces  
Confondues

Approche  
« raster »

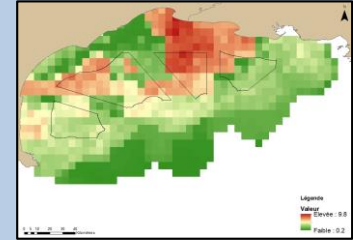
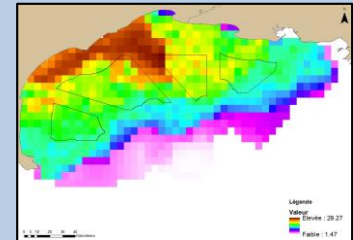
Frayères



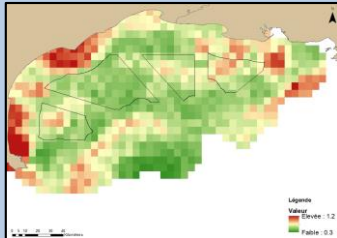
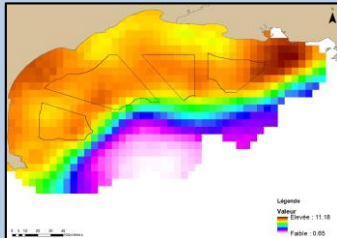
Nourriceries



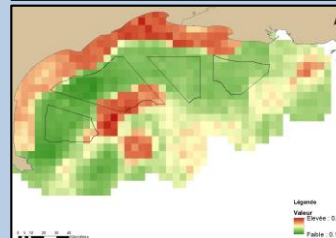
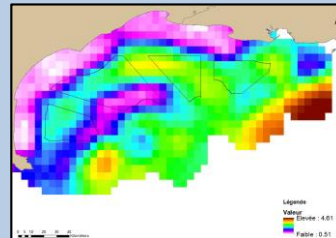
Croissance



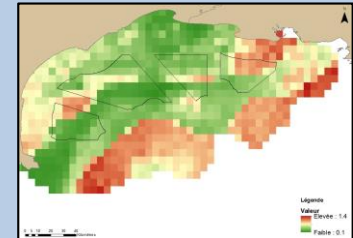
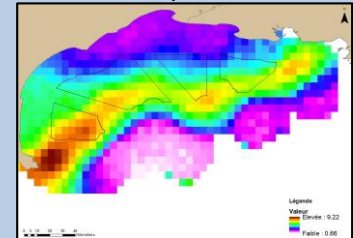
Mollusques



Crustacés



Invertébrés benthiques vulnérables



# Conclusion

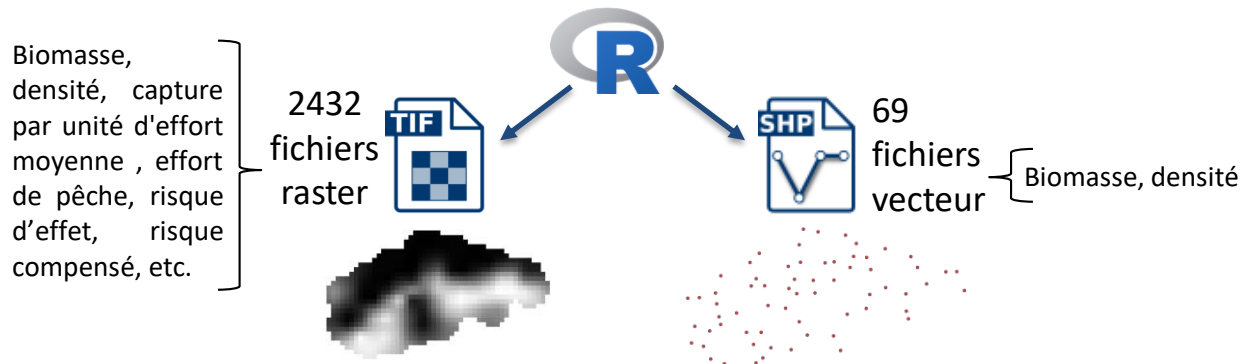
- Risque d'effet plus élevé dans les macrozones A et C
- Risque d'effet le plus élevé dans les zones frayères par rapport aux autres
- Risque d'effet moins élevé dans la macrozone A si pas d'invertébrés benthiques





# PUBLICATION DES DONNÉES SUR SEXTANT



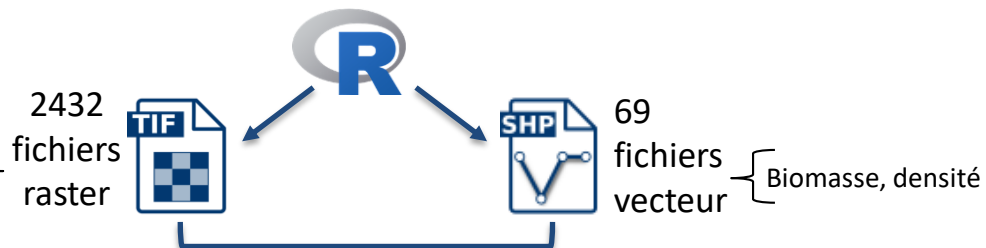


Biomasse,  
densité, capture  
par unité d'effort  
moyenne, effort  
de pêche, risque  
d'effet, risque  
compensé, etc.



- python™
- ➔ Définition du système de coordonnées (WGS84 : World Geodetic System 1984)
  - ➔ Génération du fichier MapServer
  - ➔ Création des vignettes pour les fiches de métadonnées des fichiers raster

Biomasse, densité, capture par unité d'effort moyenne, effort de pêche, risque d'effort, risque compensé, etc.



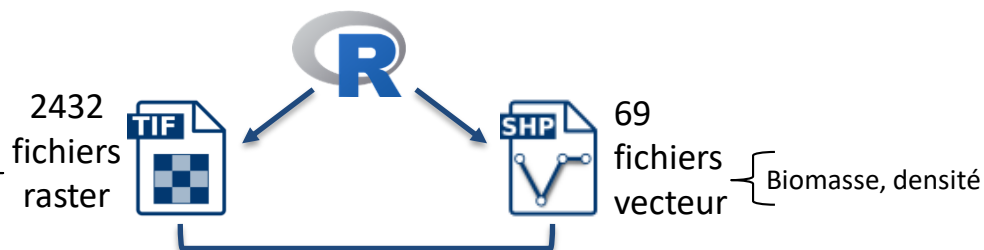
**python**

- ➔ Définition du système de coordonnées (WGS84 : World Geodetic System 1984)
- ➔ Génération du fichier MapServer
- ➔ Création des vignettes pour les fiches de métadonnées des fichiers raster

**MapServer**  
open source web mapping

- ➔ Publication de 1908 couches en ligne via un service OGC (WMS : Web Map Service)

Biomasse, densité, capture par unité d'effort moyenne, effort de pêche, risque d'effet, risque compensé, etc.



python

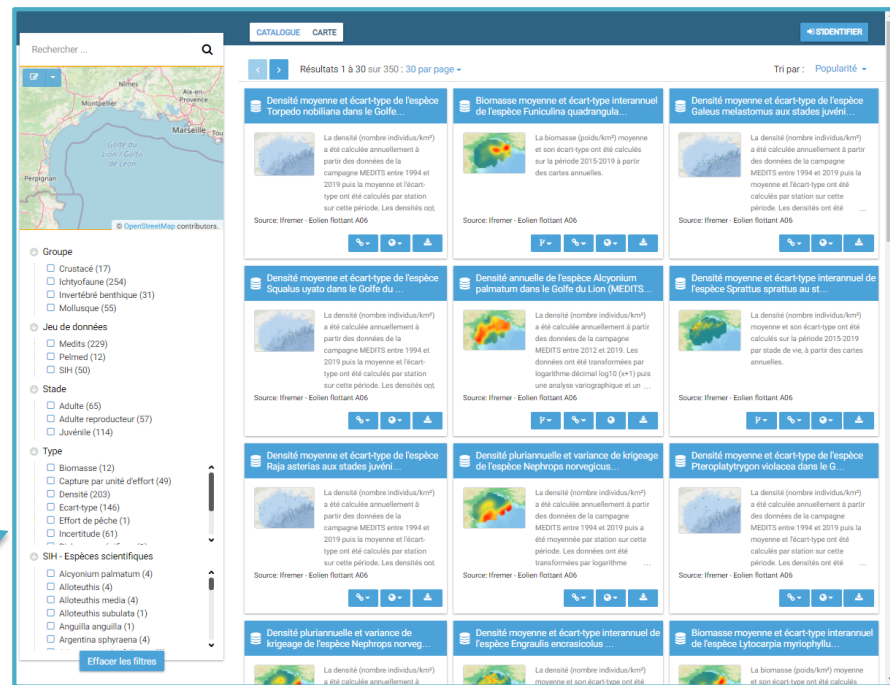
- ➔ Définition du système de coordonnées (WGS84 : World Geodetic System 1984)
- ➔ Génération du fichier MapServer
- ➔ Création des vignettes pour les fiches de métadonnées des fichiers raster

MapServer

- ➔ Publication de 1908 couches en ligne via un service OGC (WMS : Web Map Service)

Sextant

- ➔ Catalogue de métadonnées
- ➔ API (Application Programming Interface) dédiée à cette étude
- ➔ Consultation cartographique en ligne
- ➔ Attribution d'un DOI à chaque fiche métadonnée



[https://www.ifremer.fr/sextant\\_doc/pages/eolien\\_en\\_mer.html](https://www.ifremer.fr/sextant_doc/pages/eolien_en_mer.html)

|   | Paramètre   | Année min | Année max | Nb fiches  |
|---|---|-----------|-----------|------------|
| <b>RASTER</b>                           | ➤ Biomasse :                                      |           |           |            |
|   | - annuelle + variance de krigeage annuelle        | 2012      | 2019      | 4          |
|   | - moyenne + écart-type interannuel                | 2015      | 2019      | 2          |
|   | ➤ Densité :                                       |           |           |            |
|   | - annuelle + variance de krigeage annuelle        | 1994      | 2019      | 76         |
|   | - moyenne + écart-type interannuel                | 2015      | 2019      | 25         |
|   | - pluriannuelle + variance de krigeage            | 1994      | 2019      | 63         |
|   | ➤ Capture par unité d'effort moyenne + écart-type | 2015      | 2019      | 49         |
| ➤ Effort de pêche moyen et écart-type   | 2015  | 2019      | 1         |            |
| ➤ Richesse spécifique et incertitude    | 2015  | 2019      | 1         |            |
| ➤ Risque compensé global et incertitude | 2015  | 2019      | 1         |            |
| ➤ Risque d'effet :                      |   |           |           |            |
| - global et incertitude                 | 2015  | 2019      | 1         |            |
| - par espèce et incertitude             | 2015  | 2019      | 58        |            |
| <b>VECTEUR</b>                          | ➤ Biomasse moyenne et écart-type                  | 2012      | 2019      | 6          |
|   | ➤ Densité moyenne et écart-type                   | 1994      | 2019      | 63         |
| <b>TOTAL :</b>                          |   |           |           | <b>350</b> |

**Merci pour votre attention**

