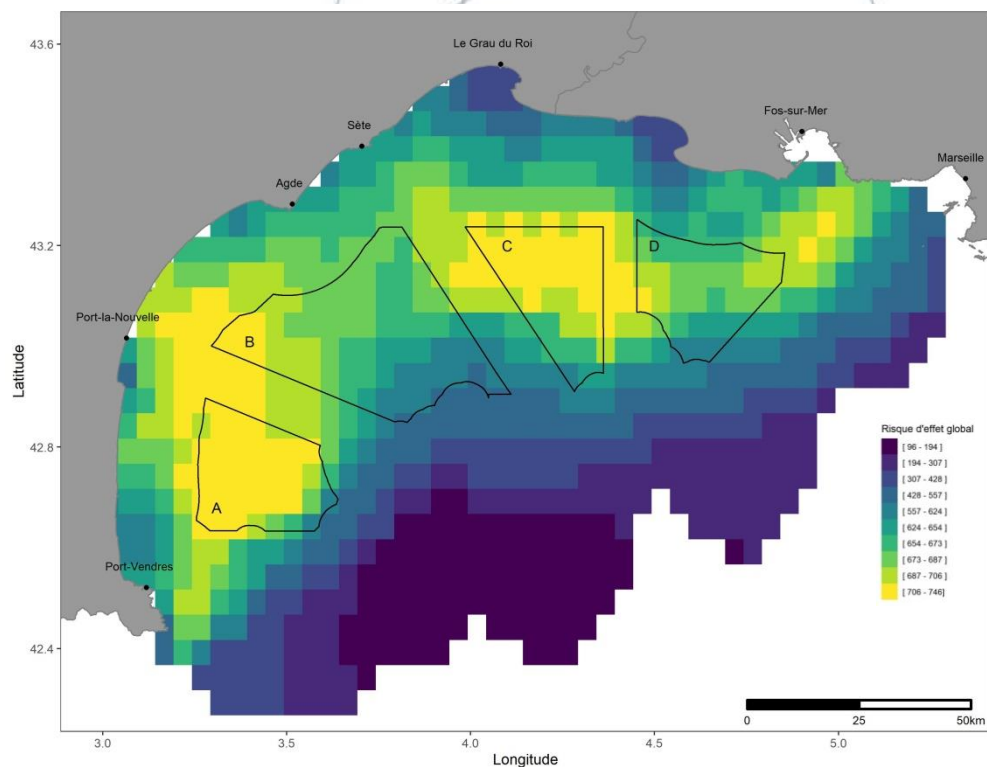


Etude du risque d'effet des espèces halieutiques à l'éolien flottant dans le Golfe du Lion

Compartiment « Ichtyofaune, Mollusques, Crustacés, Invertébrés benthiques sensibles »
AO6 Méditerranée

Rapport technique et méthodologique



Carte du risque d'effet global des espèces halieutiques dans le Golfe du Lion.

Fiche documentaire

Titre du rapport : Etude du risque d'effet des espèces halieutiques à l'éolien flottant dans le Golfe du Lion. Compartiment "Ichtyofaune, Mollusques, Crustacés et Invertébrés benthiques sensibles". AO6 Méditerranée. Rapport technique et méthodologique.

Référence interne : RBE/MARBEC/LHM 2021

Date de publication : 2021/03/05

Version : 1.0.0

Diffusion :

☒ libre (internet)

☐ restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ

☐ interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ

Référence de l'illustration de couverture

De Rock Pauline – Carte du risque d'effet global des espèces halieutiques dans le Golfe du Lion – 18/01/2020

Langue(s) : Français

Résumé/ Abstract : Dans le cadre du sixième appel d'offres (AO6) pour l'éolien en mer en France, Ifremer réalise l'étude pour identifier les zones de moindre contrainte pour les espèces halieutiques (poissons, mollusques, crustacés, invertébrés benthiques sensibles) dans le Golfe du Lion à la demande de la Direction Générale de l'Energie et du Climat (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire). La méthodologie pour calculer le risque d'effet a été adaptée à partir de la méthode proposée pour l'étude des compartiments granulats et avifaune au sud de la Bretagne afin de maintenir une similitude de concepts et de terminologies entre les différents appels d'offres. Les données des campagnes scientifiques MEDITS et PELMED ont été utilisées dans un premier temps pour créer des cartes de distribution (densité ou biomasse). Les cartes de distribution ont ensuite permis de calculer la représentativité de chaque espèce. Les données de débarquements géolocalisés de pêche ont également été utilisées pour calculer la représentativité des espèces. A partir de ces représentativités, de la vulnérabilité (statut de protection ou état du stock) et de la distribution des espèces, des cartes d'enjeu ont pu être créées. L'enjeu couplé à la sensibilité (effets biologiques potentiels de l'éolien flottant) des espèces a servi à calculer le risque d'effet. Le risque d'effet global (toutes espèces confondues) est très fort dans la partie ouest du Golfe du Lion : dans la macrozone A, en face de Port-la-Nouvelle, dans l'extrémité ouest de la macrozone B ; et dans la partie nord de la macrozone C. Le risque d'effet est faible au sud des macrozones et au large du Golfe du Lion. L'incertitude associée au risque d'effet a été évalué avec une technique de ré-échantillonnage appelée bootstrapping.

Mots-clés/ Key words : Energies marines renouvelables, Eolien en mer, Eolien flottant, Golfe du Lion, Mer Méditerranée, Espèces halieutiques, Ichtyofaune, Mollusque, Crustacé, Invertébré benthique, Risque d'effet, Incertitude

Comment citer ce document : De Rock, P., Hattab, T., Vaz, S. (2021) Etude du risque d'effet des espèces halieutiques à l'éolien flottant dans le Golfe du Lion. Compartiment "Ichtyofaune, Mollusques, Crustacés et Invertébrés benthiques sensibles". AO6 Méditerranée. Rapport technique et méthodologique. Ifremer - PDG-RBE-MARBEC-LHM. 95 pages. 10.13155/79482.

Disponibilité des données de la recherche :

Demande auprès du Système d'Information Halieutique d'Ifremer

DOI : [10.13155/79482](https://doi.org/10.13155/79482)

Commanditaire du rapport : Direction Générale de l'Énergie et du Climat du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire	
Nom / référence du contrat : ☐ Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) ☒ Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Pauline DE ROCK pauline.de.rock@ifremer.fr	PDG-RBE-MARBEC-LHM
Tarek HATTAB tarek.hattab@ifremer.fr	PDG-RBE-MARBEC-LHM
Sandrine VAZ sandrine.vaz@ifremer.fr	PDG-RBE-MARBEC-LHM
Encadrement(s) :	
Destinataire : Direction Générale de l'Énergie et du Climat du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire	
Validé par : Marion CUIF ?	

Table des matières

1	Introduction	13
2	Méthode	14
2.1	Emprise spatiale et données utilisées	14
2.1.1	Campagnes halieutiques scientifiques	14
2.1.1.1	La campagne MEDITS	14
2.1.1.2	La campagne PELMED	15
2.1.2	Débarquements géolocalisés de capture pêche	16
2.2	Sélection des espèces et stades de vie disponibles	17
2.2.1	Sélection des espèces	17
2.2.2	Sélection des stades de vie	18
2.3	Distribution des espèces à l'échelle du golfe du Lion	21
2.3.1	Préparation des données	21
2.3.2	Cartes sans interpolation	21
2.3.3	Cartes avec interpolation	21
2.4	Elaboration des cartes pour le risque d'effet	23
2.4.1	Approche par espèce	23
2.4.1.1	Données de débarquements	23
2.4.1.2	Représentativité	25
2.4.1.2.1	Représentativité des campagnes halieutiques	25
2.4.1.2.2	Représentativité des débarquements géolocalisés de capture de pêche	25
2.4.1.2.3	Représentativité de l'effort de pêche	25
2.4.1.3	Vulnérabilité	25
2.4.1.4	Responsabilité	26
2.4.1.5	Enjeu	27
2.4.1.6	Sensibilité	27
2.4.1.7	Risque d'effet de l'espèce	29
2.4.2	Approche toutes espèces confondues	29
2.4.2.1	Risque d'effet global	29
2.4.2.2	Risque compensé	29
2.4.2.3	Richesse spécifique	29
2.5	Incertitude	30
3	Résultats	32
3.1	Densité sans interpolation	32
3.2	Densité interpolée	34
3.3	Capture par unité d'effort	35
3.4	Effort de pêche	37

3.5	Représentativité des campagnes scientifiques	38
3.6	Représentativité des données de débarquements géolocalisés.....	40
3.7	Représentativité de l'effort de pêche	41
3.8	Vulnérabilité.....	41
3.9	Responsabilité.....	43
3.10	Enjeu	45
3.11	Sensibilité.....	46
3.12	Risque d'effet de l'espèce	48
3.13	Risque d'effet global	49
3.14	Richesse spécifique	60
4	Conclusion	70
	Bibliographie.....	71
	Annexes	74

Liste des figures

Figure 1 : Carte identifiant les quatre potentielles zones (en orange : A, B, C, D) d'implantation du futur parc éolien flottant. Carte issue du document de planification de l'éolien flottant en Méditerranée (DIRM Méditerranée, 2018).....	13
Figure 2 : GSA de la mer Méditerranée couvertes par la campagne internationale MEDITS.	14
Figure 3 : Emprise de l'étude et stations de la campagne halieutique MEDITS dans le golfe du Lion.	15
Figure 4 : Transects prospectés lors de la campagne halieutique PELMED.	16
Figure 5 : Emprise des données de débarquements géolocalisés de capture de pêche dans le Golfe du Lion.	17
Figure 6 : Variogramme empirique (points en rouge) avec ajustement d'un modèle variographique (ligne bleue, ici la fonction sphérique a été ajustée).	22
Figure 7 : Schéma récapitulatif des étapes méthodologiques amenant au risque d'effet global.	31
Figure 8 : Carte sans interpolation illustrant la densité moyenne et l'écart-type à chaque station. Les stades de vie suivants sont représentés : juvénile, adulte et indéterminé. Exemple présenté: <i>Galeus melastomus</i>	33
Figure 9 : Carte de densité annuelle pour les juvéniles de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>) en 2019 (campagne MEDITS).	34
Figure 10 : Variance de krigeage de la densité des juvéniles de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>) en 2019 (campagne MEDITS).	35
Figure 11 : Capture par unité d'effort moyenne sur la période 2015-2019 pour le merlu (<i>Merluccius merluccius</i>).....	36
Figure 12 : Ecart-type interannuel de la capture par unité d'effort entre 2015 et 2019 pour le merlu (<i>Merluccius merluccius</i>).	36
Figure 13 : Effort de pêche moyen entre 2015 et 2019.....	37
Figure 14 : Ecart-type interannuel de l'effort de pêche entre 2015 et 2019.	38
Figure 15 : Carte d'enjeu des juvéniles de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>). Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.	45
Figure 16 : Carte d'incertitude de l'enjeu des juvéniles de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>). Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.	46
Figure 17 : Risque d'effet des juvéniles de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>). Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.	48
Figure 18 : Incertitude du risque d'effet des juvéniles de merlu (<i>Merluccius merluccius</i>). Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.	49
Figure 19 : Risque d'effet global. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.	50
Figure 20 : Incertitude du risque d'effet global. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.....	50
Figure 21 : Risque d'effet des espèces en zones de nourricerie. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.....	51
Figure 22 : Incertitude du risque d'effet des espèces en zones de nourricerie. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.	52
Figure 23 : Risque d'effet des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.	53
Figure 24 : Incertitude du risque d'effet des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.	53
Figure 25 : Risque d'effet des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.....	54
Figure 26 : Incertitude du risque d'effet des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.	55
Figure 27 : Risque d'effet des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.	56

<i>Figure 28 : Incertitude du risque d'effet des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>56</i>
<i>Figure 29 : Risque d'effet des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>57</i>
<i>Figure 30 : Incertitude du risque d'effet des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>58</i>
<i>Figure 31 : Risque d'effet des espèces d'invertébré benthique sensible. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>59</i>
<i>Figure 32 : Incertitude du risque d'effet des espèces d'invertébré benthique sensible. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>59</i>
<i>Figure 33 : Richesse spécifique globale. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>60</i>
<i>Figure 34 : Incertitude de la richesse spécifique globale. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>61</i>
<i>Figure 35 : Richesse spécifique des espèces en zones de nurricerie. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>62</i>
<i>Figure 36 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces en zones de nurricerie. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>62</i>
<i>Figure 37 : Richesse spécifique des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>63</i>
<i>Figure 38 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>64</i>
<i>Figure 39 : Richesse spécifique des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>65</i>
<i>Figure 40 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>65</i>
<i>Figure 41 : Richesse spécifique des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>66</i>
<i>Figure 42 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>67</i>
<i>Figure 43 : Richesse spécifique des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>68</i>
<i>Figure 44 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>68</i>
<i>Figure 45 : Richesse spécifique des espèces d'invertébré benthique. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>69</i>
<i>Figure 46 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces d'invertébré benthique sensible. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>69</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Liste des espèces sélectionnées pour l'étude ainsi que leurs spécificités (fonction, taille, cartographie).</i>	19
<i>Tableau 2 : Equivalence des espèces dans les données de débarquements géolocalisés.</i>	24
<i>Tableau 3 : Classement UICN et le score de vulnérabilité associé.</i>	26
<i>Tableau 4 : Liste et définition des impacts potentiels de l'éolien flottant sur l'ichtyofaune, les mollusques, les crustacés et les invertébrés benthiques vulnérables.</i>	28
<i>Tableau 5 : Valeur de la représentativité des espèces calculée à partir de la densité, moyenne et écart-type issues de 100 simulations par bootstrapping.</i>	38
<i>Tableau 6 : Valeur de la représentativité des espèces calculée à partir de la capture par unité d'effort, moyenne et écart-type issue de 100 simulations par bootstrapping.</i>	40
<i>Tableau 7 : Statut de protection et score de vulnérabilité par espèce.</i>	41
<i>Tableau 8 : Valeur de responsabilité (Eq 5 ou 6) par espèce, moyenne et écart type issue de 100 simulations par bootstrapping.</i>	43
<i>Tableau 9 : Valeur de sensibilité maximum par espèce, moyenne et écart-type issue de 100 simulations par bootstrapping.</i>	47

Liste des figures et tableaux figurant en annexes

<i>Figure A 1 : Risque compensé global. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>81</i>
<i>Figure A 2 : Incertitude du risque compensé global. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>82</i>
<i>Figure A 3 : Risque compensé des espèces en zones de nourricerie. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>82</i>
<i>Figure A 4 : Incertitude du risque compensé global des espèces en zones de nourricerie. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>83</i>
<i>Figure A 5 : Risque compensé des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>83</i>
<i>Figure A 6 : Incertitude du risque compensé global des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>84</i>
<i>Figure A 7 : Risque compensé des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>84</i>
<i>Figure A 8 : Incertitude du risque compensé global des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>85</i>
<i>Figure A 9 : Risque compensé des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>85</i>
<i>Figure A 10 : Incertitude du risque compensé global des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>86</i>
<i>Figure A 11 : Risque compensé des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>86</i>
<i>Figure A 12 : Incertitude du risque compensé global des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>87</i>
<i>Figure A 13 : Risque compensé des espèces d'invertébré benthique. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>87</i>
<i>Figure A 14 : Incertitude du risque compensé global des espèces d'invertébré benthique. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>88</i>
<i>Figure A 15 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 1 « Contexte », pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.</i>	<i>89</i>
<i>Figure A 16 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 2 .1 « Description d'un parc éolien flottant », pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.</i>	<i>90</i>
<i>Figure A 17 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 2 .2 « Description d'un parc éolien flottant », pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.</i>	<i>91</i>
<i>Figure A 18 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 3.1 « Poisson » et exemple de question, pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.</i>	<i>92</i>
 <i>Tableau A 1 : Liste des espèces de la campagne MEDITS avec une occurrence minimum supérieure ou égale à 20% entre 1994 et 2019. *Espèces non retenues dans l'étude.</i>	 <i>74</i>
<i>Tableau A 2 : Liste des espèces de la campagne MEDITS avec une occurrence moyenne supérieure ou égale à 20% entre 1994 et 2019. *Espèces non retenues dans l'étude.</i>	<i>75</i>
<i>Tableau A 3 : Liste des espèces représentant 80% des débarquements annuels entre 2015 et 2019 en excluant les grands poissons pélagiques non pris en compte dans cette étude.</i>	<i>76</i>
<i>Tableau A 4 : Liste des espèces benthiques identifiées comme vulnérables par la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM).</i>	<i>77</i>
<i>Tableau A 5 : Taille à maturité et période de reproduction pour chaque espèce (+sources).</i>	<i>78</i>
<i>Tableau A 6 : Valeur de responsabilité compensée par espèce, moyenne et écart type issue de 100 simulations par bootstrapping.</i>	<i>80</i>
<i>Tableau A 7 : Moyenne pondérée et nombre de réponses obtenues pour la sensibilité de chaque espèce et chaque pression. Se référer au Tableau 4 pour la définition de chaque pression.</i>	<i>93</i>

1 Introduction

Dans le cadre du sixième appel d'offres (AO6) pour l'éolien en mer en France, la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) doit fournir une étude bibliographique présentant les connaissances scientifiques actuelles des différents compartiments biologiques marins (habitats benthiques, avifaune, mégafaune marine, espèces halieutiques) dans les zones potentielles d'implantation des énergies marines renouvelables (EMR) dans le Golfe du Lion (Figure 1). À la demande de la DGEC, Ifremer a réalisé une étude visant à identifier les zones de moindre contrainte pour les espèces halieutiques (poissons, mollusques, crustacés) et certains invertébrés benthiques sensibles. La méthodologie pour calculer le risque d'effet a été adaptée à partir de la méthode proposée pour l'étude des compartiments granulats et avifaune au sud de la Bretagne (DGEC, 2020; OFB-GISOM, 2020) afin de maintenir une similitude de concepts et de terminologies entre les différents appels d'offres (AO).

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

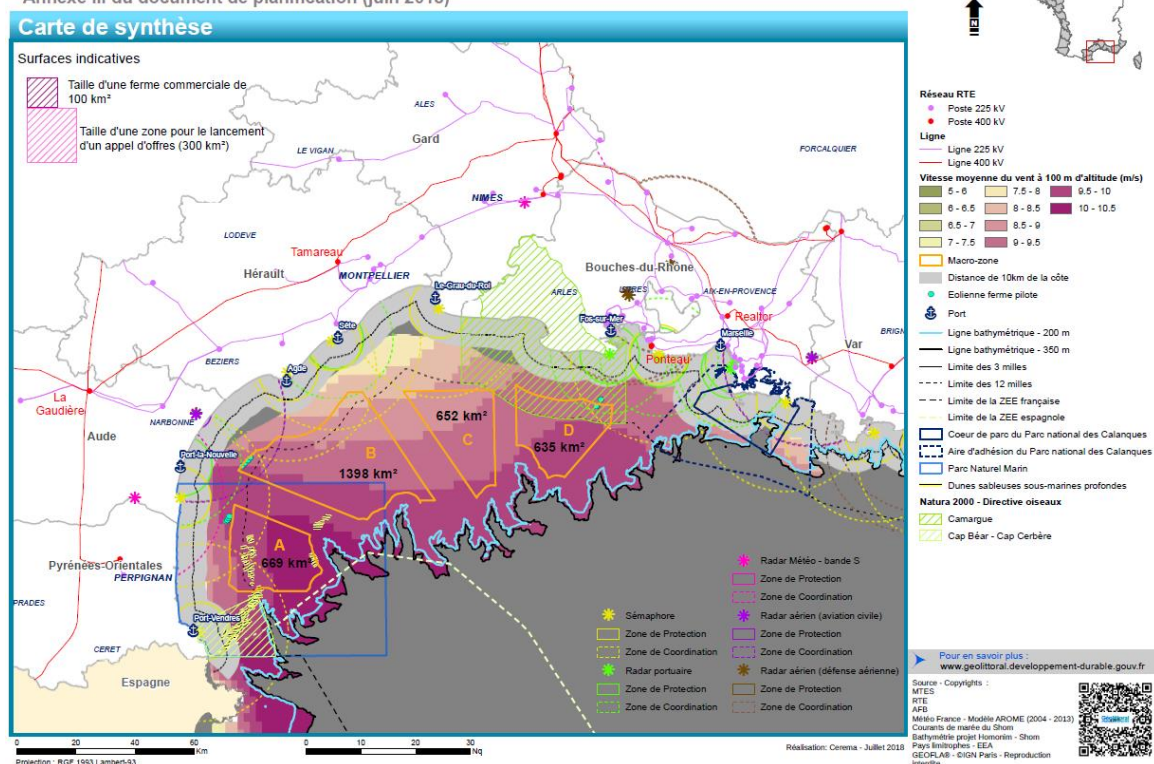


Figure 1 : Carte identifiant les quatre potentielles zones (en orange : A, B, C, D) d'implantation du futur parc éolien flottant. Carte issue du document de planification de l'éolien flottant en Méditerranée (DIRM Méditerranée, 2018).

L'objectif de la présente étude est la caractérisation et la cartographie du risque associé à l'implantation d'un parc d'énergies marines renouvelables pour les espèces halieutiques, leurs habitats et leurs zones fonctionnelles.

2 Méthode

2.1 Emprise spatiale et données utilisées

En contraste à l'approche utilisée pour l'étude de l'avifaune (dont les capacités de dispersion et migratoire des espèces sont importantes), la distribution des populations halieutiques étudiées ici ne couvre pas la distribution totale des espèces concernées. En effet, les échanges entre bassins des populations halieutiques sont beaucoup plus restreints. Ces populations sont suivies, évaluées et exploitées par sous-régions géographiques (les GSA). Ces sous régions ont été choisies pour partie car elles représentent des bassins maritimes distincts avec des dynamiques de populations qui leurs sont propres. Le golfe du Lion contribuant pour l'essentiel de la productivité de la GSA 7, l'emprise spatiale des données utilisées se limite à cette zone. Trois jeux de données ont été utilisés dans cette étude pour cartographier la distribution des espèces halieutiques dans le Golfe du Lion et obtenir leur risque d'effet à l'éolien flottant.

2.1.1 Campagnes halieutiques scientifiques

Les données de deux campagnes halieutiques scientifiques ont été utilisées : la campagne MEDiterranean International Trawl Survey (MEDITS) et la campagne PELagiques MEDiterranée (PELMED).

2.1.1.1 La campagne MEDITS

La campagne MEDITS (Jadaud, 1994) est une campagne de chalutage de fond standardisée et coordonnée à l'échelle internationale ciblant les ressources démersales et benthiques en mer Méditerranée. Cette campagne s'inscrit dans un projet international, initié en 1994, impliquant plusieurs pays de l'Union Européenne (Espagne, Italie, France, Croatie, Slovénie, Grèce, Chypre, Albanie, Montenegro, Malte) afin de concevoir une campagne halieutique avec un protocole d'échantillonnage commun entre tous les pays (*International Bottom Trawl Survey in the Mediterranean. Instruction Manual. Version 9. 2017*). Les zones échantillonnées lors de la campagne MEDITS sont présentées en Figure 2.

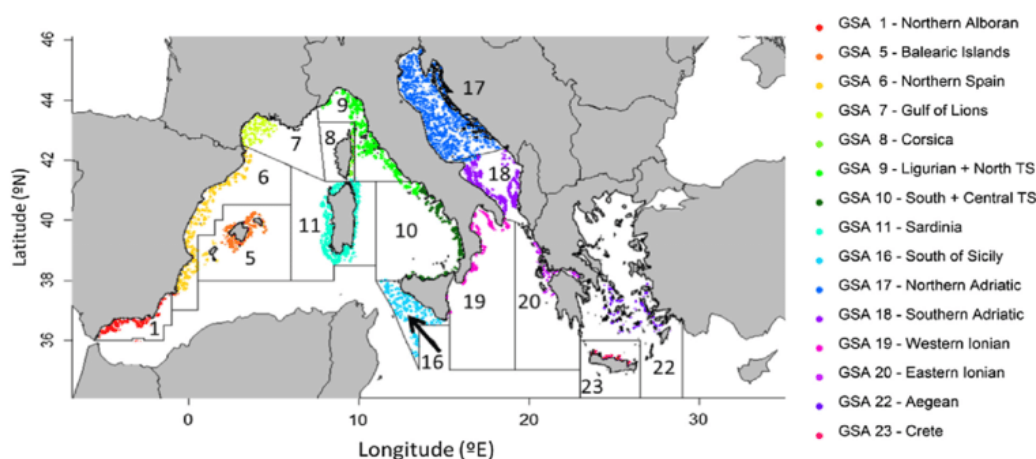


Figure 2 : GSA de la mer Méditerranée couvertes par la campagne internationale MEDITS.

L'objectif de cette campagne est de récolter des informations sur les espèces démersales et benthiques en termes de distribution de population et de structure démographique. La campagne est réalisée annuellement entre mai et juillet. Les chalutages sont d'une durée de 30 minutes pour les stations inférieures à 200 mètres et d'une heure pour les stations présentes à plus de 200 mètres de profondeur. Pour chaque trait de chalut, les paramètres suivants sont récoltés : latitudes et longitudes des débuts et fins de pêche, distance balayée, ouverture verticale et horizontale du filet. Concernant les captures, l'identification de chaque individu est réalisée au niveau spécifique puis les poids et le nombre d'individus

par espèce sont déterminés. La taille, le sexe et la maturité sont récoltés quand cela est prévu en fonction du protocole défini pour chaque espèce.

Chaque année, 65 stations fixes sont échantillonnées en moyenne dans le golfe du Lion (Figure 3). Leurs positions diffèrent légèrement au cours du temps dues à la difficulté de retourner précisément aux mêmes coordonnées chaque année. La zone d'étude de l'AO6 pour le compartiment ichtyofaune, mollusques, crustacés et invertébrés benthiques, correspond à l'emprise de la campagne MEDITS (avec une distance maximum à chaque observation de 0.2°).

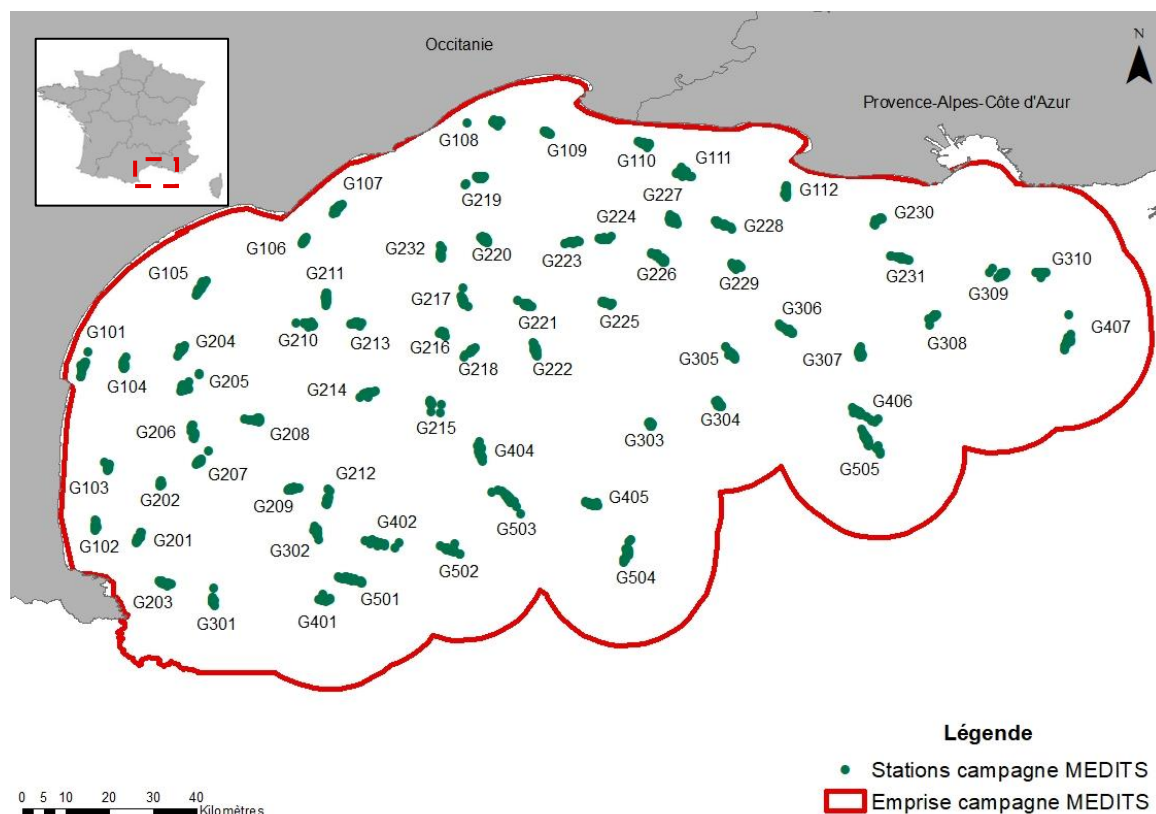


Figure 3 : Emprise de l'étude et stations de la campagne halieutique MEDITS dans le golfe du Lion.

Dans un premier temps, les données de la campagne MEDITS entre 1994 et 2019 de la zone GSA 7, le golfe du Lion, ont été utilisées dans cette étude pour identifier les espèces pertinentes puis, dans un deuxième temps, les données entre 2015 et 2019 ont été utilisées afin d'étudier la distribution des espèces.

2.1.1.2 La campagne PELMED

La campagne PELMED (BOURDEIX & HATTAB, 1985) est une campagne d'évaluation des ressources halieutiques dans le golfe du Lion alliant deux méthodes : la détection acoustique et le chalutage. Cette campagne est réalisée depuis 1993 et est effectuée annuellement au mois de juillet. Il s'agit d'une campagne internationale coordonnée par le groupe de travail MEDIAS (MEDIteranean Acoustic Surveys), créé en 2008, avec pour but d'uniformiser les protocoles des campagnes acoustiques européennes en mer Méditerranée. Un signal acoustique est tout d'abord envoyé depuis le navire puis est réfléchi à chaque fois qu'il rencontre un banc de poissons ou le fond marin. Un chalutage est ensuite effectué pour identifier les espèces de petits poissons pélagiques détectés par acoustique. Le nombre d'individus, le poids et la taille des espèces, sont des paramètres récoltés permettant *in fine* de calculer des indices d'abondance et de biomasse. Le protocole d'échantillonnage est le suivant : 9 transects parallèles sont échantillonnés tous les milles nautiques et ils sont espacés de 12 milles nautiques entre eux (Figure 4). Les données de 2015 à 2019 ont été utilisées pour cette étude. Les spécifications techniques des prospections acoustiques et de la méthode d'estimation d'abondance sont décrites dans le manuel des campagnes MEDIAS (MEDIAS, 2019) et dans Mathieu et al. (2010).



Figure 4 : Transects prospectés lors de la campagne halieutique PELMED.

2.1.2 Débarquements géolocalisés de capture pêche

Les données de débarquements géolocalisés de capture de pêche de la zone GSA 7, de 2015 à 2019, ont également été utilisées et ont été obtenues auprès du Système d'Information Halieutique (SIH) d'Ifremer avec l'autorisation de la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA) du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Ces données, couplant les positions des navires obtenues via le Vessel Monitoring Service (VMS) et les données de débarquement, nous renseignent sur les efforts de pêche (en heure décimale) et les quantités (kg) capturées de chaque espèce ou groupe d'espèce et sont calculées par année, trimestre, mois, engin et par carré de 3' x 3' (correspondant à une résolution de 0.05°). Ces données, étant récoltées tout au long de l'année, permettent d'augmenter la couverture temporelle des données utilisées pour cette étude. Les engins répertoriés dans la zone GSA 7 sont les suivants : chaluts jumeaux à panneaux, chaluts de fond à panneaux, palangres (non spécifiées), chaluts pélagiques à panneaux, gangui, trémails, palangres dérivantes, trémails et filets maillants combinés, filets maillants calés (ancrés, filets maillants de fond à une nappe), chaluts bœufs de fond, lignes à main et lignes avec cannes (manœuvrés à la main), filets tournants avec coulisse (sennes coulissantes), dragues remorquées par bateau, filets maillants (non spécifiés), palangres calées (fixes), divers engins de pêche, nasses (casiers non spécifiés), sennes de plage, chaluts bœufs pélagiques, chaluts à panneaux (non spécifiés), filets maillants encerclants, filets maillants et filets emmêlants (non spécifiés), verveux, palangres verticales de fond, filets tournants sans coulisse (filet lamparo), chaluts de fond (non spécifié), sennes (à poche) manœuvrés par un bateau et enfin, plongée sous-marine.

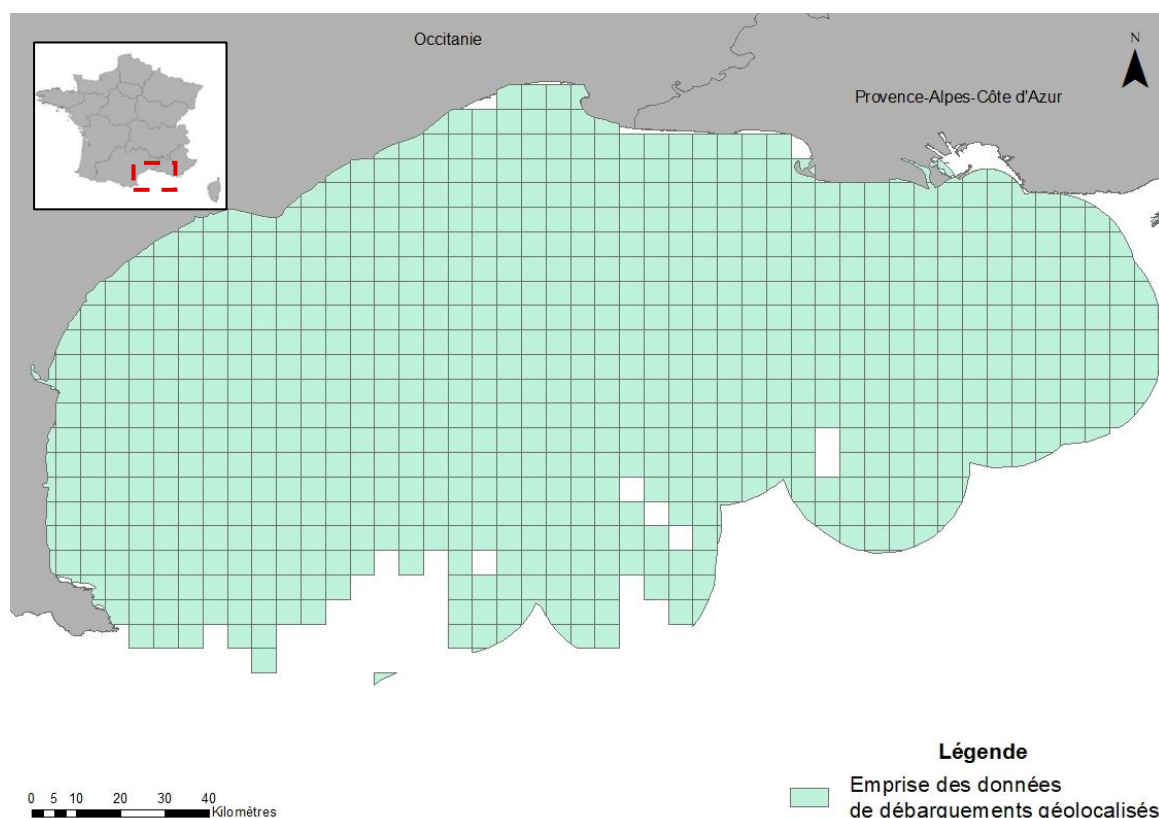


Figure 5 : Emprise des données de débarquements géolocalisés de capture de pêche dans le Golfe du Lion.

2.2 Sélection des espèces et stades de vie disponibles

2.2.1 Sélection des espèces

Les espèces d'intérêt halieutique ont été sélectionnées pour cette étude, à condition qu'elles soient suffisamment abondantes et correctement échantillonnées. Afin de s'en assurer, l'occurrence de chaque espèce a été examinée dans les stations de la campagne MEDITS entre 1994 et 2019. Dans un premier temps, un seuil d'occurrence minimum supérieure ou égale à 20% (soit 13 stations par an) a été sélectionné et a permis d'identifier 26 espèces bien représentées (Tableau A 1). Néanmoins deux espèces sans intérêt commercial ou enjeu de conservation, *Macropodia tenuirostris* et *Pagurus excavatus*, n'ont pas été retenues. Les 24 espèces retenues étant très bien représentées chaque année, des cartes de distribution interpolées annuelles entre 2015 et 2019 ont été produites.

De façon à inclure un plus grand nombre d'espèce dans l'étude, un seuil d'occurrence moyen supérieure ou égale à 20% sur la période 1994-2019 a également été considéré. Ce seuil a permis de sélectionner 33 espèces supplémentaires (Tableau A 2). Encore une fois, deux espèces sans intérêt commercial ou enjeu de conservation, *Liocarcinus depurator* et *Solenocera membranacea*, ont été écartées de l'étude. Pour les 31 espèces restantes, des cartes de distribution interpolées multiannuelles ont été réalisées, représentant une distribution moyennée sur la période 2015-2019.

Pour la campagne PELMED, les trois espèces cibles de la campagne ont été sélectionnées pour une cartographie annuelle interpolée : l'anchois *Engraulis encrasicolus*, la sardine *Sardina pilchardus* et le sprat *Sprattus sprattus*.

De façon à vérifier que les espèces sélectionnées prennent bien en compte les espèces d'intérêt halieutique, les données de débarquement ont été analysées pour identifier les espèces représentant 80 % des débarquements annuels (excluant les captures des grands poissons pélagiques qui ne sont pas pris en compte dans l'étude présente). Entre 2015 et 2019, 22 espèces ou taxons représentaient 80% des débarquements, dont 14 espèces qui étaient déjà sélectionnées dans les données de campagnes pour des

cartographies par interpolation et la famille Octopodidae qui correspond aux espèces *Eledone cirrhosa*, *Eledone moschata* et *Octopus vulgaris* déjà sélectionnées avec les seuils d'occurrence dans les données de la campagne MEDITS (Tableau A 3). Pour les huit taxons supplémentaires identifiés : trois n'ont pas de données de campagnes halieutiques scientifiques, trois espèces (*Sepia officinalis*, *Sparus aurata* et *Scomber spp* regroupant plusieurs espèces de maquereaux) sont bien présentes dans les campagnes mais de façon insuffisante pour permettre une interpolation fiable. Le taxon *Diplodus sp* correspond à un ensemble d'espèces *Diplodus* dans les données de la campagne MEDITS : *Diplodus annularis*, *Diplodus cervinus cervinus*, *Diplodus puntazzo*, *Diplodus sargus sargus*, *Diplodus spp.* et *Diplodus vulgaris*. De même, la famille Mugilidae correspond à l'agrégation des espèces suivantes dans la campagne MEDITS : *Mugil cephalus*, *Mugilidae*, *Chelon labrosus*, *Oedalechilus labeo*, *Liza aurata*, *Liza ramada* et *Liza saliens*. Là encore, ces espèces ne bénéficiaient pas de suffisamment de données pour une interpolation. Ces espèces ont donc été ajoutées à l'étude par la production de cartes de densité moyenne entre 2015 et 2019, sans interpolation.

Plusieurs autres espèces pertinentes ont été ajoutées : les espèces benthiques vulnérables listées dans la liste de la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM ; Tableau A 4) (FAO, 2017; CGPM, 2017), les sélaciens et deux autres espèces de crustacé *Aristaeomorpha foliacea* et *Squilla mantis*. Les espèces de sélaciens sont *Centrophorus granulosus*, *Chimaera monstrosa*, *Pteroplatytrygon violacea*, *Etmopterus spinax*, *Galeus melastomus*, *Hexanchus griseus*, *Raja asterias*, *Raja clavata*, *Raja miraletus*, *Raja montagui*, *Leucoraja naevus*, *Dipturus oxyrinchus*, *Raja polystigma*, *Dalatias licha*, *Squalus acanthias* et *Torpedo marmorata*. Six espèces d'invertébrés benthiques vulnérables sont déjà sélectionnées grâce aux seuils d'occurrence dans les données de la campagne MEDITS. Les cinq nouvelles espèces benthiques, les 16 espèces de sélaciens et les deux nouvelles espèces de crustacé ont bénéficié d'une carte de densité moyenne sur la période d'étude, sans interpolation, sous format SIG (fichier de forme ponctuel). Pour cinq espèces d'invertébrés benthiques, la biomasse a été utilisée pour réaliser les cartes de distribution, et non la densité, car le comptage du nombre d'individus est trop incertain pour ces espèces dû à leur fragilité.

Au final, 86 espèces ont été sélectionnées pour cette étude, réparties en quatre catégories : 60 poissons (dont 16 sélaciens), 12 mollusques, 5 crustacés et 9 invertébrés benthiques vulnérables (Tableau 1). Une approche annuelle a été employée pour 27 de ces espèces (une carte interpolée par espèce et par an), 31 espèces ont bénéficié d'une approche multiannuelle (une carte interpolée représentant la distribution moyenne par espèce sur la période d'étude) et 28 espèces ont bénéficié d'une approche sans interpolation (observations ponctuelles par espèce moyennées sur la période d'étude).

2.2.2 Sélection des stades de vie

Afin de déterminer si chaque espèce sélectionnée au sein de cette étude dispose de suffisamment de données de taille pour pouvoir faire une différenciation entre juvéniles et adultes, il a été décidé que les espèces devaient posséder des données de taille dans au moins 80% de leurs stations échantillonnées. Le Tableau 1 renseigne les espèces qui ont pu bénéficier d'une distinction de taille ou non grâce à ce seuil.

Les données biologiques sur les stades de maturité collectées dans le cadre des campagnes MEDITS (*International Bottom Trawl Survey in the Mediterranean. Instruction Manual. Version 9.*, 2017) et PELMED et de la DCMAP «Data Collection Multi-Annual Programme» ont été utilisées pour certaines espèces pour distinguer dans les données les individus matures et non matures. Dans le but de déterminer la taille à laquelle les espèces atteignent leur première maturité sexuelle et identifier les juvéniles, une régression logistique a été utilisée pour étudier la relation entre le stade de maturité et la taille des individus. Ce type de modèle relie le statut de maturité (un facteur bimodal) à la taille et permet de déterminer la longueur à laquelle 50% des individus ont atteint la maturité sexuelle (LM50).

Un travail bibliographique a été réalisé pour les espèces restantes pour déterminer la taille seuil à laquelle l'espèce atteint sa maturité sexuelle. La taille à maturité sexuelle nous a permis de différencier dans nos données les individus non matures (les juvéniles) et les individus matures (les adultes) (Tableau A 5).

Tableau 1 : Liste des espèces sélectionnées pour l'étude ainsi que leurs spécificités (fonction, taille, cartographie).

Abréviation	Espèce	Nom commun	Catégorie	Fonction	Distinction de la taille	Cartographie
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	Main de mer	Invertébré benthique		Non	Interpolation annuelle
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>	Casseron bambou	Mollusque		Non	Interpolation multiannuelle
ALLOSP	<i>Alloteuthis spp.</i>	Casseron non identifié	Mollusque		Non	Interpolation multiannuelle
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	Motelle mouchetée	Ichthyofaune	Croissance	Non	Interpolation multiannuelle
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>	Petite argentine	Ichthyofaune	Croissance	Non	Interpolation multiannuelle
ARISFOL	<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	Gambon rouge	Crustacé		Oui	Densité sans interpolation
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>	Arnoglosse lanterne	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin pin	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation multiannuelle
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie ocellée	Ichthyofaune	Croissance	Non	Interpolation multiannuelle
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Bogue	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation multiannuelle
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>	Dragonnet tacheté	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>	Sanglier	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
CENTGRA	<i>Centrophorus granulosus</i>	Squale-chagrin commun	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>	Cépole commune	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
CHIMMON	<i>Chimaera monstrosa</i>	Chimère commune	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Feuille	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
CONGCON	<i>Conger conger</i>	Congre commun	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
DASIVIO	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	Pasternague violette	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
DIPLSP	<i>Diplodus sp</i>	Sar non identifié	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
ELED CIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Pieuvre blanche	Mollusque		Oui	Interpolation annuelle
ELED MOS	<i>Eledone moschata</i>	Elédone musquée	Mollusque		Oui	Interpolation multiannuelle
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois commun	Ichthyofaune	Frayère	Oui	Interpolation annuelle
ETMOSPI	<i>Etmopterus spinax</i>	Sagre commun	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grondin gris	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
FUNIQUEA	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Anthozoa	Invertébré benthique		Non	Interpolation annuelle
GALUMEL	<i>Galeus melastomus</i>	Chien espagnol	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>	Gobie à grandes écailles	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation multiannuelle
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>	Gobie noir	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation multiannuelle
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	Gobie à quatre tâches	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation multiannuelle
HEXAGRI	<i>Hexanchus griseus</i>	Requin gris	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Encornet	Mollusque		Oui	Interpolation multiannuelle
ISIDLO	<i>Isidella elongata</i>	Corail bambou	Invertébré benthique		Non	Densité sans interpolation
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	Cardine à quatre tâches	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation annuelle
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>	Comatule non identifié	Invertébré benthique		Non	Interpolation multiannuelle
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	Cavillone commun	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Baudroie rousse	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie commune	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	Hydraire plume de faisan	Invertébré benthique		Non	Interpolation annuelle
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Merlan bleu	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation multiannuelle
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>	Sole-perdrix commune	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation multiannuelle
MUGLDAE	<i>Mugilidae</i>	Mugiliformes	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation

Abréviation	Espèce	Nom commun	Catégorie	Fonction	Distinction de la taille	Cartographie
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
NEOPCOC	<i>Neopycnodonte cochle</i>	Pycnodonte-cuillère	Mollusque		Non	Densité sans interpolation
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Langoustine commune	Crustacé		Oui	Interpolation multiannuelle
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	Mollusque		Oui	Interpolation annuelle
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarné	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation multiannuelle
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Pageot rose	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation multiannuelle
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation multiannuelle
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Crevette rose	Crustacé		Oui	Interpolation multiannuelle
PENNPFO	<i>Pennatula phosphorea</i>	Pennatule phosphorescente	Invertébré benthique		Non	Densité sans interpolation
PENNRUB	<i>Pennatula rubra</i>	Pennatule rouge	Invertébré benthique		Non	Densité sans interpolation
PHYBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Phycis de fond	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation multiannuelle
PINNPEC	<i>Atrina pectinata</i>	Jambonneau pectine	Crustacé		Non	Densité sans interpolation
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	Pennatule grise	Invertébré benthique		Non	Interpolation multiannuelle
RAJAST	<i>Raja asterias</i>	Raie étoilée	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
RAJACLA	<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
RAJAMIR	<i>Raja miraletus</i>	Raie miroir	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
RAJAMON	<i>Raja montagui</i>	Raie douce	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
RAJANAE	<i>Leucoraja naevus</i>	Raie fleurie	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
RAJAOXY	<i>Dipturus oxyrinchus</i>	Pocheteau noir	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
RAJAPOL	<i>Raja polystigma</i>	Raie douce	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation annuelle
SCOMPNE	<i>Scomber colias</i>	Maquereau espagnol atlantique	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau	Ichthyofaune	Nourricerie/Croissance	Oui	Interpolation multiannuelle
SCYMLIC	<i>Dalatias licha</i>	Squale liche	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite roussette	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>	Seiche	Mollusque		Non	Interpolation annuelle
SEPIOFF	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	Mollusque		Oui	Densité sans interpolation
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>	Seiche rose	Mollusque		Non	Interpolation multiannuelle
SEPOSP	<i>Sepioida spp.</i>	Seiche non identifiée	Mollusque		Non	Interpolation multiannuelle
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chèvre	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation multiannuelle
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>	Serran-hépaté	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation annuelle
SPARAUR	<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	Ichthyofaune	Croissance	Oui	Interpolation annuelle
SQUAACA	<i>Squalus acanthias</i>	Aiguillat commun	Ichthyofaune		Non	Densité sans interpolation
SQUIMAN	<i>Squilla mantis</i>	Squilla ocellée	Crustacé		Oui	Densité sans interpolation
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>	Toutenon souffleur	Mollusque		Non	Interpolation multiannuelle
TORPMAR	<i>Torpedo marmorata</i>	Torpille marbrée	Ichthyofaune		Oui	Densité sans interpolation
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard méditerranéen	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation multiannuelle
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard d'Europe	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>	Grande vive	Ichthyofaune	Frayère	Non	Interpolation multiannuelle
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>	Grondin lyre	Ichthyofaune	Croissance	Non	Interpolation multiannuelle
TRISCAP	<i>Trisopterus capelanus</i>	Capelan de méditerranée	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation annuelle
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	Vérétille verge de chien	Invertébré benthique		Non	Interpolation annuelle
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre	Ichthyofaune	Nourricerie/Frayère	Oui	Interpolation multiannuelle

Dans un deuxième temps, des informations sur la période de reproduction de chaque espèce ont été récoltées permettant de distinguer les adultes reproducteurs (servant de *proxi* des zones de frayères) des adultes en phase de croissance ; les juvéniles représentant les zones de nourriceries (Tableau 1). La sardine possède une période de reproduction en hiver, par conséquent, des juvéniles et des adultes non reproducteurs sont détectés chaque année au mois de juillet pendant la campagne PELMED. Dû à leurs périodes de reproduction et taux de croissance très rapides, les individus de l'anchois et du sprat échantillonnés pendant la campagne sont tous des adultes, reproducteurs pour l'anchois (servant de *proxi* des zones de frayères) et non reproducteurs (en phase de croissance) pour le sprat (Tableau A 5).

Au final, 41 espèces sur 86 ont pu bénéficier d'une distinction juvéniles/adultes.

2.3 Distribution des espèces à l'échelle du golfe du Lion

2.3.1 Préparation des données

Afin de cartographier la distribution des espèces dans le Golfe du Lion, nous avons utilisé la densité (nombre d'individus au km² ou au nmi²) pour la plupart des espèces mais la biomasse (poids au km²) a été utilisée pour 5 espèces d'invertébrés benthiques (*Funiculina quadrangularis*, *Isidella elongata*, *Lytocarpia myriophyllum*, *Pennatula phosphorea* et *Pennatula rubra*). Ces valeurs standardisées ont été obtenues en ramenant la capture à la surface balayée dans le cas de la campagne MEDITS et en utilisant les densités par classe de taille et par nmi² déterminées à l'aide des prospections acoustiques (échantillonnage et échantillonnage) dans le cas de la campagne PELMED. La longitude a été corrigée ($\text{Lon} \cdot \cos(\text{Lat} \cdot \pi / 180)$) pour travailler dans un système orthonormé. Les moyennes des latitudes et longitudes ont été calculées par trait de chalut pour la campagne MEDITS. Pour calculer la densité par stade de vie pour les espèces concernées, la proportion des juvéniles présents dans chaque trait sur la base des spectres de taille disponible a été identifiée. Cette proportion a été rapportée à la densité totale pour obtenir la densité des juvéniles et des adultes dans chaque trait de chalut par an. La densité des individus indéterminés (i.e. individus non mesurés utilisés pour la cartographie sans interpolation) a été déterminée en faisant la différence entre la densité totale et la somme des densités des juvéniles et adultes. Pour les données de la campagne PELMED, les densités de juvéniles et d'adultes ont été estimées dans chaque nmi² en sommant les densités des classes de tailles qui sont respectivement inférieures et supérieures à la LM50.

2.3.2 Cartes sans interpolation

L'approche cartographique sans interpolation consiste à calculer la moyenne et l'écart-type de la densité ou de la biomasse à chaque station MEDITS par stade de vie (Juvénile, Adulte, Indéterminé ou Total) pour chaque espèce sur la période d'étude. Les espèces, bien qu'échantillonnées depuis 1994, n'ont pas toutes bénéficiées de mesures de taille dès le début de la série mais seulement à partir de 2012. Pour les espèces concernées, les densités des juvéniles et adultes ne sont donc disponibles qu'à partir de cette année. Les données de chaque espèce sont ensuite représentées sous forme de points et les cartes sont enregistrées sous format SIG (fichier de forme).

2.3.3 Cartes avec interpolation

La méthode retenue pour interpoler la densité ou la biomasse de chaque espèce est le krigeage. Le krigeage permet de générer des valeurs estimées dans une surface donnée, à partir d'un ensemble dispersé de points avec des valeurs réelles, grâce à une analyse de leur comportement spatial. Le krigeage est un processus multiple qui comprend une analyse statistique exploratoire des données, la construction puis la modélisation d'un variogramme, et enfin, l'utilisation des paramètres du modèle variographique retenu pour générer une estimation interpolée par la méthode de krigeage.

L'analyse est entièrement effectuée avec le logiciel R (R Core Team, 2020) et les différentes étapes sont expliquées ci-dessous.

Dans un premier temps, la distribution des données a été étudiée par le biais des valeurs des coefficients de dissymétrie et d'aplatissement puis les données ont été transformées en utilisant le logarithme décimal ($\log_{10} x+1$) pour les normaliser.

Dans un deuxième temps, une analyse variographique a été réalisée. Le variogramme est un outil pour l'analyse des données spatiales et constitue la base du krigeage. Cet outil est utile pour observer la relation spatiale des points d'échantillonnage : il va calculer l'autocorrélation entre chaque paire de points dans des classes de distances croissantes et identifier si les points ont une organisation particulière dans l'espace. Le variogramme empirique donne des informations sur l'autocorrélation spatiale du jeu de données. De façon à permettre l'estimation des valeurs dans toutes les directions et à toutes les distances possibles, il doit être ajusté par une des fonctions continues mathématiques autorisées dans le cadre de la géostatistique : effet pépétique, exponentiel, circulaire, sphérique, puissance ou gaussien. Le modèle variographique résulte de l'ajustement statistique d'une de cette fonction au variogramme empirique (Figure 6).

Les données moyennes entre 2015 et 2019 ont été utilisées pour la campagne MEDITS pour construire le variogramme et celui-ci a été utilisé sur les données annuelles ou moyennes sur la période, dépendamment des espèces et de leur interpolation. Des variogrammes annuels ont été construits pour la campagne PELMED puis un variogramme moyen a été calculé à partir des variogrammes annuels et utilisé par la suite pour interpoler les données annuelles.

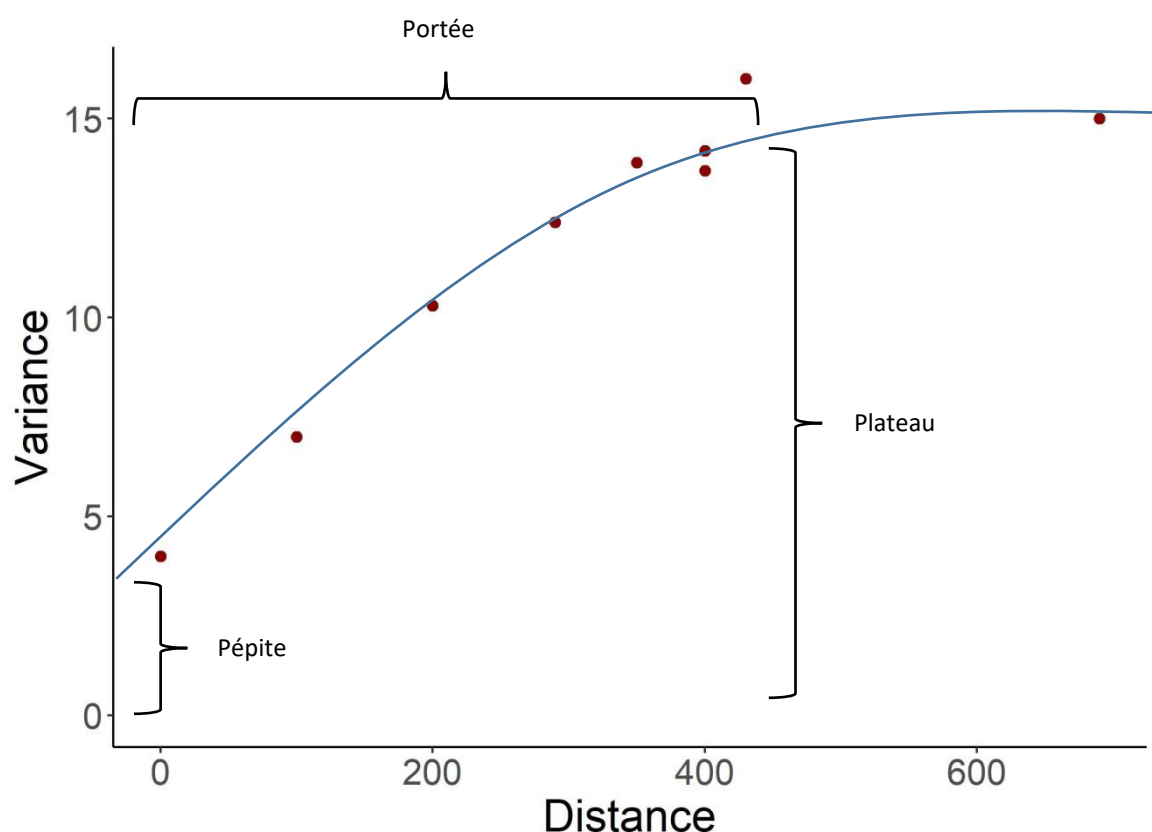


Figure 6 : Variogramme empirique (points en rouge) avec ajustement d'un modèle variographique (ligne bleue, ici la fonction sphérique a été ajustée).

Les géostatistiques ne peuvent être en principe appliquées que si les données ont un comportement isotropique (varient de la même façon dans toutes les directions). De façon à vérifier cette condition, un variogramme directionnel dans quatre directions (0° , 45° , 90° , 135°) a également été produit pour les données MEDITS pour détecter une possible anisotropie des données ce qui n'a pas été le cas. De façon à prendre en compte le plan d'échantillonnage en transects unidirectionnels (Nord-Ouest vers Sud-Est) de la

campagne PELMED et l'anisotropie qui en résulte nécessairement, un variogramme directionnel dans deux directions (126° pour suivre la direction des transects, 36° pour suivre la direction orthogonale aux transects) a été effectué. Enfin, de façon à vérifier qu'aucune tendance longue portée ne vienne perturber significativement l'estimation krigée, une cross-validation a été réalisée *a posteriori* pour vérifier l'utilité de sa prise en compte, ce qui a été rejeté dans tous les cas.

Dans un troisième temps, un krigeage ordinaire a été réalisé. Cette étape va utiliser les paramètres du variogramme ajusté précédemment pour l'estimation des valeurs de densité aux emplacements non échantillonnés ainsi que l'estimation de la variance (ou erreur) de krigeage permettant d'avoir une mesure de l'incertitude liée à l'estimation. L'erreur de krigeage correspond ici à l'écart-type (racine carré) de la variance de krigeage. La résolution du krigeage choisie est de 0.1° et le choix du nombre optimal de voisins est fait manuellement sur la base de la répartition des observations de la campagne étudiée.

Dans un quatrième temps, une rasterisation avec une résolution de 0.05° et une distance maximum d'extrapolation de 0.2° a été effectuée pour obtenir les cartes de densité interpolée. Les étapes du krigeage et de rasterisation ont été réalisées pour chaque année pour les espèces avec des cartes annuelles. Une carte de variance de krigeage a été calculée pour chaque espèce et chaque pas de temps. Toutes les cartes sont générées sous forme de raster (format GeoTiff).

2.4 Elaboration des cartes pour le risque d'effet

Différentes étapes sont nécessaires pour obtenir le risque d'effet des espèces à l'éolien flottant. La méthodologie présentée ci-après a été adaptée à la demande de la DGEC à partir de la méthode proposée pour l'étude des compartiments granulats et avifaune au sud de la Bretagne (DGEC, 2020; OFB-GISOM, 2020) afin de maintenir une similitude de concepts et de terminologies entre les différents AO.

Cette partie de l'étude n'est réalisée que sur les espèces qui ont pu bénéficier d'une approche de cartographie par interpolation lors de la réalisation des cartes de distribution, ce qui représente un total de 58 espèces.

2.4.1 Approche par espèce

Les premières étapes sont effectuées au niveau spécifique et par stades de vie s'ils sont disponibles.

2.4.1.1 Données de débarquements

A partir des données de débarquements, deux indices ont été calculé : la capture par unité d'effort (CPUE) et l'effort de pêche. Ici, la CPUE correspond à la quantité débarquée de l'espèce en kilogrammes divisée par le temps passé à pêcher l'espèce en heure (Eq 1).

$$CPUE = \frac{Quantité}{Temps} \text{ (Eq 1)}$$

Les quantités et les temps ont été préalablement sommés par an, par carré 3' x 3' et par espèce, puis la CPUE a été calculée sans distinction entre les tous les engins.

Les 58 espèces ne sont pas toutes représentées dans les données de débarquements géolocalisés : 31 espèces ont des données de débarquements géolocalisés au niveau spécifique et 27 espèces n'en ont pas. Par conséquent, quand cela était possible, les données du genre ou de la famille de l'espèce ont été utilisées (Tableau 2). Néanmoins, 9 espèces n'ont aucune donnée de débarquements géolocalisés : cela concerne certains invertébrés et petits poissons benthiques non commerciaux (NA dans le Tableau 2).

Pour ces espèces, nous avons utilisé l'effort de pêche de 6 engins ayant un impact sur le fond susceptibles de générer une mortalité des petites espèces benthiques non commerciales: les chaluts de fond à panneaux, les chaluts bœufs de fond, les chaluts de fond (non spécifié), les chaluts jumeaux à panneaux, le gangui et les dragues remorquées par bateau. L'effort de pêche annuel a été obtenu en utilisant le temps de pêche par année, par mois, par carré 3' x 3' et par engin puis une somme des efforts de tous les engins a été calculée par année sur la période étudiée.

Tableau 2 : Equivalence des espèces dans les données de débarquements géolocalisés.

Abréviation	Espèce	Nom commun	Equivalence données capture pêche
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	Main de mer	NA
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>	Casseron bambou	Loliginidae
ALLOSPP	<i>Alloteuthis spp.</i>	Casseron non identifié	Loliginidae
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	Motelle mouchetée	<i>Gaidropsarus spp</i>
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>	Petite argentine	<i>Argentina sphyraena</i>
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>	Arnoglosse lanterne	Bothidae
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin pin	<i>Aspitrigla cuculus</i>
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie ocellée	Blenniidae
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Bogue	<i>Boops boops</i>
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>	Dragonnet tacheté	NA
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>	Sanglier	<i>Capros aper</i>
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>	Cépole commune	<i>Cepola macrophthalma</i>
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Feuille	<i>Citharus linguatula</i>
CONGCON	<i>Conger conger</i>	Congre commun	<i>Conger conger</i>
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Pieuvre blanche	Octopodidae
ELEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	Elédone musquée	Octopodidae
ENGR-ENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois commun	<i>Engraulis encrasicolus</i>
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grondin gris	<i>Eutrigla gurnardus</i>
FUNIQUEA	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Anthozoaie	NA
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>	Gobie à grandes écailles	NA
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>	Gobie noir	<i>Gobius spp</i>
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	Gobie à quatre tâches	NA
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Encornet	<i>Illex spp</i>
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	Cardine à quatre tâches	<i>Lepidorhombus spp</i>
LEPRSPP	<i>Leptometra spp.</i>	Comatule non identifié	NA
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	Cavillone commun	Triglidae
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Baudroie rousse	<i>Lophius spp</i>
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie commune	<i>Lophius spp</i>
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	Hydraire plume de faisan	NA
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	<i>Merluccius merluccius</i>
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Merlan bleu	<i>Micromesistius poutassou</i>
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>	Sole-perdrix commune	<i>Microchirus variegatus</i>
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Langoustine comune	<i>Nephrops norvegicus</i>
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	<i>Octopus vulgaris</i>
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarné	<i>Pagellus acarne</i>
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Pageot rose	<i>Pagellus bogaraveo</i>
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	<i>Pagellus erythrinus</i>
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Crevette rose	<i>Parapenaeus longirostris</i>
PHYBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Phycis de fond	<i>Phycis blennoides</i>
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	Pennatule grise	NA
SARD-PIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau	<i>Scomber scombrus</i>
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite roussette	<i>Scyliorhinus canicula</i>
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>	Seiche	<i>Sepia elegans</i>
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>	Seiche rose	<i>Sepiidae, Sepiolidae</i>
SEPOSPP	<i>Sepioida spp.</i>	Seiche non identifiée	<i>Sepiidae, Sepiolidae</i>
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chèvre	<i>Serranus spp</i>
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>	Serran-hépaté	<i>Serranus spp</i>
SPRA-SPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>	Toutenon souffeur	<i>Loliginidae, Ommastrephidae</i>
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard méditerranéen	<i>Trachurus mediterraneus</i>
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard d'Europe	<i>Trachurus trachurus</i>
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>	Grondin lyre	<i>Trigla lyra</i>
TRISCAP	<i>Trisopterus capelanus</i>	Capelan de méditerranée	<i>Trisopterus minutus</i>
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	Vérétille verge de chien	NA
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre	<i>Zeus faber</i>

2.4.1.2 Représentativité

La représentativité sert à examiner la part de la population d'une espèce dans une zone par rapport à sa population totale. Dans le présent contexte, la part de la population d'une espèce donnée a été examinée dans les macrozones potentielles pour l'implantation du parc éolien flottant par rapport à sa population dans le Golfe du Lion. Une valeur de représentativité faible signifie que la part de la population de l'espèce dans les macrozones est insignifiante par rapport à sa population dans le Golfe du Lion. Une valeur de représentativité intermédiaire signifie que l'espèce est présente à des densités similaires dans les macrozones et dans la zone totale. Une valeur de représentativité forte montre que l'espèce se trouve en majorité dans les macrozones.

2.4.1.2.1 Représentativité des campagnes halieutiques

La représentativité calculée à partir des données de campagnes scientifiques (RC) correspond au ratio de la somme des densités (exprimées sur une échelle logarithme décimal $\log_{10}(x+1)$) de l'espèce dans les macrozones sur la somme des densités (exprimées sur une échelle logarithme décimal $\log_{10}(x+1)$) de l'espèce dans la zone totale (i.e. golfe du Lion ; Eq 2). La densité moyenne sur la période d'étude est préalablement calculée pour obtenir la valeur de RC.

$$RC = \frac{\sum \text{Densité macrozones}}{\sum \text{Densité zone totale}} \text{ (Eq 2)}$$

2.4.1.2.2 Représentativité des débarquements géolocalisés de capture de pêche

Les campagnes scientifiques ne couvrant qu'une période de l'année, les captures de pêche ont été utilisées pour donner un aperçu de la répartition des espèces tout au long de l'année. La représentativité des données de capture de pêche (RP) correspond au rapport de la somme des CPUE de l'espèce dans les macrozones sur la somme des CPUE de l'espèce dans la zone totale (Eq 3). La CPUE moyenne sur la période d'étude est préalablement calculée pour obtenir la valeur de RP.

$$RP = \frac{\sum \text{CPUE macrozones}}{\sum \text{CPUE zone totale}} \text{ (Eq 3)}$$

2.4.1.2.3 Représentativité de l'effort de pêche

La représentativité de l'effort de pêche (RE) correspond au rapport de la somme de l'effort de l'espèce dans les macrozones sur la somme de l'effort de l'espèce dans la zone totale (Eq 4). L'effort moyen sur la période d'étude est préalablement calculé pour obtenir la valeur de RE.

$$RE = \frac{\sum \text{Effort macrozones}}{\sum \text{Effort zone totale}} \text{ (Eq 4)}$$

2.4.1.3 Vulnérabilité

La vulnérabilité correspond à la probabilité d'extinction d'une espèce et est obtenue à partir de la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Le classement UICN pour la méditerranée a été utilisé pour les espèces de cette étude, toutefois, quand celui-ci n'était pas disponible, le classement global a été utilisé. L'évaluation des stocks a également été prise en compte pour certaines espèces quand l'information était disponible. Un score de 1 a été attribué à une biomasse moyenne et un score de 3 a été attribué à une biomasse faible.

Le classement UICN des espèces étudiées inclut les statuts de conservation suivants : non évalué, données insuffisantes, préoccupation mineure, quasi menacé, vulnérable (Tableau 3). Par principe de précaution, nous avons attribué le score de vulnérabilité 2 pour les statuts non évalué et données insuffisantes (Tableau 3). Les scores 1, 3, et 4 ont respectivement été attribués aux statuts préoccupation mineure, quasi menacé et vulnérable.

Tableau 3 : Classement UICN et le score de vulnérabilité associé.

Classement UICN	Score de vulnérabilité
Non évalué	2
Données insuffisantes	2
Préoccupation mineure	1
Quasi menacé	3
Vulnérable	4

Le score de vulnérabilité a ensuite été rééchelonné entre 0 et 1 pour concorder aux échelles des indices de représentativité afin de calculer la responsabilité des espèces.

2.4.1.4 Responsabilité

La responsabilité tient compte de la part de la population de l'espèce dans la zone par rapport à la population totale ainsi que de sa vulnérabilité. Plusieurs modes de calcul ont été considérés pour obtenir la valeur de responsabilité par espèce dans cette étude.

Le calcul inspiré de la méthode du compartiment avifaune utilisé pour l'AO5 correspond à la moyenne entre la RC et la vulnérabilité (Eq 5).

$$\text{Responsabilité} = \frac{RC + V}{2} \text{ (Eq 5)}$$

L'inconvénient de ce calcul est que la RC, calculée à partir de données obtenues entre mai et juillet, ne couvre pas l'ensemble de l'année. Ainsi un autre mode de calcul intégrant également la RP permet d'obtenir une représentativité avec une meilleure couverture temporelle. La moyenne entre la RC et la RP est calculée pour obtenir une représentativité totale. Le calcul de responsabilité correspond ensuite à la moyenne entre la représentativité totale et la vulnérabilité (Eq 6). La responsabilité a été rééchelonnée sur une échelle de 1 à 10.

$$\text{Responsabilité} = \frac{\frac{RC + RP}{2} + V}{2} \text{ (Eq 6)}$$

Pour les neuf espèces qui ne possèdent pas de données de CPUE et donc de RP, la responsabilité correspond à la moyenne entre la RC et la vulnérabilité (Eq 5).

Le troisième calcul est facultatif pour cette étude mais permet de prendre en compte la compensation que peut représenter le possible effet réserve du parc éolien flottant si la pêche était interdite à l'intérieur du parc. La vulnérabilité a d'abord été moyennée avec (1-RP), cette dernière valeur représentant la protection potentiellement accordé par le parc. Pour les neuf espèces ne possédant pas de RP, la RE a été utilisée. Cette valeur prend ainsi en compte à la fois le statut de l'espèce et le potentiel de protection des macrozones de la mortalité par pêche. La valeur obtenue a ensuite été moyennée avec la RC (Eq 7) pour obtenir la responsabilité compensée, cette dernière ayant ensuite été rééchelonnée sur une échelle de 1 à 10.

$$\text{Responsabilité compensée} = \frac{\frac{(1 - RP) + V}{2} + RC}{2} \text{ (Eq 7)}$$

Sans certitude sur le régime d'exploitation par la pêche qui serait finalement choisi, et après avoir simulé plusieurs situations et étudié les différents résultats, c'est la responsabilité non compensée (Eq 5 et 6) qui a été retenue pour le reste de l'étude puisque ce calcul est le plus précautionneux.

2.4.1.5 Enjeu

L'enjeu de l'espèce prend en considération la répartition spatiale de l'espèce, l'emprise du projet envisagé et les préoccupations patrimoniales relatives aux espèces. Son calcul correspond à la multiplication entre la valeur de responsabilité obtenue précédemment et la carte de densité moyenne (exprimée sur une échelle logarithme décimal $\log_{10}(x+1)$) de chaque espèce. Un enjeu faible pour une espèce signifie que sa densité est faible, que la part de sa population se trouve majoritairement hors des macrozones et que sa vulnérabilité est moindre. Une espèce avec un fort enjeu possède un niveau de vulnérabilité important et une densité élevée avec une part de sa population se trouvant dans les macrozones à moyenne ou forte densité.

2.4.1.6 Sensibilité

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). Cet indice est dépendant des caractéristiques du projet. Une recherche bibliographique a été effectuée pour acquérir la sensibilité des 58 espèces à l'éolien flottant mais très peu d'informations ont été trouvées (les résultats des fermes pilotes n'étaient pas encore disponibles). Nous avons décidé de collecter l'avis d'experts sous forme de sondage en ligne, afin de définir la sensibilité de chaque espèce. Pour déterminer la sensibilité des espèces à l'éolien flottant, nous avons d'abord réalisé une recherche bibliographique pour lister et définir les pressions et impacts de l'éolien flottant (Tableau 4).

Nous avons ensuite construit un sondage en ligne pour que différents experts puissent évaluer la sensibilité des 58 espèces à ces 9 pressions. La sensibilité dans le questionnaire en ligne a pu être évaluée suivant 5 modalités : aucune, faible, modérée, forte ou inconnue et a été faite au niveau de l'individu (sensibilité intrinsèque des individus de l'espèce considérée, stades de vie confondus). L'expertise de l'expert a pu se baser sur ses connaissances générales de l'espèce (ou une espèce proche), sur la biologie ou les habitats de l'espèce ou sur tout autres travaux.

Le sondage a comporté 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 de pression de l'éolien) (Figure A 15 à Figure A 18).

Huit réponses ont été obtenues par question et par espèce. A partir des réponses récoltées, avec la modalité « inconnue » retirée de l'analyse statistique, la moyenne pondérée des valeurs a été calculée pour chaque question et espèce. La valeur maximale a été calculée pour chaque espèce pour définir leur sensibilité de façon précautionneuse. L'échelle de sensibilité finale est comprise entre 0 et 3 (aucune à forte).

Tableau 4 : Liste et définition des impacts potentiels de l'éolien flottant sur l'ichtyofaune, les mollusques, les crustacés et les invertébrés benthiques vulnérables.

Phase	Pression	Impact	Source
1	Construction	Ancrage des fondations, Pose de câbles sous-marins, Emprise spatiale du parc	(Morandi et al., 2018)
2	Construction, démantèlement	Remaniement des fonds et remise en suspension des matériaux	(Bergström et al., 2012) (WWF, 2014)
3	Construction, exploitation, démantèlement	Bruits et vibrations	(Morandi et al., 2018) (Bergström et al., 2012) (WWF, 2014)
4	Construction, exploitation, démantèlement	Pollution chimique	(Morandi et al., 2018) (Carlier et al., 2019)
5	Construction, exploitation, démantèlement	Collision bateaux	(Morandi et al., 2018)
6	Construction, exploitation, démantèlement	Pollution lumineuse	(Morandi et al., 2018)
7	Exploitation	Electromagnétisme dû aux câbles sous-marins	(Carlier et al., 2019)
8	Exploitation	Structures immergées/émergées	(Bergström et al., 2012)
9	Exploitation	Augmentation de la température à proximité des câbles ensouillés	(Carlier et al., 2019)

2.4.1.7 Risque d'effet de l'espèce

Le risque d'effet de l'espèce est obtenu à partir de la sensibilité et de l'enjeu de l'espèce. La méthode n'ayant pas été entièrement définie pour le compartiment avifaune, plusieurs modes de combinaison ont été envisagés : multiplier, sommer ou faire la moyenne entre la valeur de sensibilité et la carte d'enjeu. Les trois scénarios ont été testés et nous avons décidé que la multiplication de la sensibilité et de l'enjeu était le plus pertinent et le plus précautionneux. Le but de cette étape est de mettre en avant les espèces les plus sensibles à l'éolien flottant et une multiplication de la valeur de sensibilité avec la carte d'enjeu permet de pondérer l'importance de chaque espèce en fonction de sa sensibilité. Ce n'est pas le cas si une somme ou une moyenne de la sensibilité et de l'enjeu avaient été effectuées.

2.4.2 Approche toutes espèces confondues

2.4.2.1 Risque d'effet global

Le risque d'effet global est la somme des cartes de risque d'effet de l'ensemble des espèces. Une moyenne des cartes de risque d'effet a aussi été effectuée mais la somme des cartes a semblé plus pertinente car la densité relative de chaque espèce est prise en compte lors du calcul du risque d'effet. Ainsi, le risque d'effet global est une moyenne sur l'ensemble de la communauté considérée pondérée par l'abondance relative de chaque espèce dans cette communauté.

Le risque d'effet a de plus été décliné par groupe (mollusques, crustacés et invertébrés benthiques vulnérables) et par sous-fonction pour l'ichtyofaune (zones de frayère, croissance, ou nurserie).

2.4.2.2 Risque compensé

Le risque compensé prend en compte l'effet potentiellement positif d'une protection des espèces par le parc éolien flottant contre la pêche. Ce risque (par espèce) correspond à l'utilisation de la responsabilité compensée (Eq 7) dans l'analyse avec les mêmes étapes ensuite. Le risque compensé global est la somme des cartes de risque compensé des espèces. Le risque compensé a de plus été décliné par groupe (mollusques, crustacés et invertébrés benthiques vulnérables) et par sous-fonction pour l'ichtyofaune (zones de frayère, croissance, ou nurserie). Les cartes du risque compensé sont seulement présentées en annexe (Figure A 1 à Figure A 14).

2.4.2.3 Richesse spécifique

La richesse spécifique renseigne sur le nombre d'espèces présentes dans la zone d'étude. Cet indice est calculé à partir de la densité ou de la biomasse transformée en présence/absence.

Cependant, l'estimation de la densité par krigeage génère un effet de lissage des valeurs pouvant fausser la détermination de la présence ou de l'absence de l'espèce. Pour remédier à ce problème, nous avons estimé le seuil au-delà duquel l'espèce est réellement présente. Les cartes de densité ont été préalablement transformées par $10^{(x)-1}$ (inverse du logarithme décimal).

Les valeurs observées (données brutes recodées en présence/absence) ont été comparées aux valeurs estimées par krigeage (rééchelonnées de 0 à 1) aux stations d'échantillonnage avec la fonction *optimal.thresholds* du package R PresenceAbsence (Freeman & Moisen, 2008) pour chaque carte de densité ou biomasse. Le seuil en dessous duquel l'espèce n'est pas réellement présente a ensuite été identifié avec la méthode Sensitivity=Specificity de la fonction *optimal.thresholds*. Cette méthode permet de trouver le seuil où les observations positives sont tout aussi susceptibles d'être erronées que les observations négatives. Ce seuil a ensuite été utilisé pour identifier les données de présence réelles dans la carte de densité ou biomasse interpolée et créer une carte de présence/absence par espèce. Pour les espèces possédant des cartes annuelles, la moyenne des cartes de présence/absence a été calculée puis les valeurs supérieures à 0 ont été recodées en 1 (présence de l'espèce) pour obtenir une carte finale de présence/absence par espèce. Pour les espèces possédant les stades juvéniles et adultes, les cartes des deux stades de vie ont été sommées, les valeurs supérieures à 0 ont été recodées en 1 (présence de

l'espèce), pour obtenir la carte finale de présence/absence de l'espèce. Enfin, la somme des cartes de présence/absence des 58 espèces a été effectuée pour obtenir la carte de richesse spécifique globale dans le golfe du Lion.

Cet indice a également été décliné par sous-groupes (mollusques, crustacés, invertébrés benthiques vulnérables) et par fonction pour l'ichtyofaune (zones de frayère, croissance ou nourricerie).

2.5 Incertitude

L'incertitude associée au risque d'effet a été évaluée avec une technique de ré-échantillonnage appelée bootstrapping. Cette technique permet de créer plusieurs nouveaux échantillons par tirage aléatoire à partir de l'échantillon initial. Cette méthode a été développée afin de prendre en compte l'incertitude des données d'entrées ainsi que tout le processus de propagation d'incertitude dans les différentes étapes de calcul.

Pour cette étude, cette technique a été utilisée dans un premier temps pour simuler l'incertitude des indices suivants : la densité, la capture et l'effort de pêche. Pour les cartes annuelles de densité, de capture et d'effort de pêche, une moyenne et un écart-type interannuels (prenant en compte la variabilité temporelle de la distribution de l'espèce susceptible d'engendrer des incertitudes d'interpolation) sont calculés pour chaque carré (ici 3'x3') en début de processus. Cet écart-type a ensuite servi au paramétrage du bootstrapping qui a généré de façon uniforme et aléatoire 100 valeurs comprises dans l'intervalle de confiance correspondant à +/- l'écart-type de chaque carré. Pour les espèces avec une carte multiannuelle de densité, la variance de krigeage (ne prenant en compte que la variabilité spatiale) a été utilisée pour générer l'intervalle de confiance.

L'utilisation du bootstrapping a ainsi permis de générer de nouvelles cartes bruitées par tirages aléatoires dans un intervalle d'incertitude déterminé à partir de l'écart type des données initiales. A chaque itération du cycle de bootstrapping, une valeur aléatoire a été sélectionnée dans cet intervalle et a été ajoutée à la valeur de densité moyenne dans le même carré. Ce processus a été opéré pour chaque carré de la carte créant ainsi une carte de densité bruitée prenant en compte l'incertitude des observations (l'écart type temporel ou spatial). C'est à partir des cartes bruitées de densité, de capture et d'effort de pêche, que nous avons calculé les différents indices de représentativité, puis les autres indices qui en dépendent. Cela a permis de prendre en compte l'incertitude dès le début de notre calcul et elle a ensuite été prise en compte au fur et à mesure des différentes étapes menant au risque d'effet.

Le score de vulnérabilité, déterminé à partir de données de statut réglementaire, n'a pas donné lieu à un calcul d'incertitude. Pour prendre en compte l'incertitude de l'indice sensibilité, nous avons retiré aléatoirement la réponse d'un expert dans les données brutes puis recalculé l'estimation de la sensibilité par espèce sur les données restantes.

Le processus de ré-échantillonnage par bootstrapping a été réitéré de nombreuses fois pour prendre en compte les différentes possibilités de tirage aléatoire à partir de l'échantillon initial. Cent itérations par bootstrapping ont été réalisées (ce qui a semblé un bon compromis entre la robustesse de l'étude et le temps de calcul nécessaire). Les résultats issus des 100 itérations ont été moyennés pour produire la carte finale de risque d'effet et une carte d'écart-type de ces 100 simulations a également été générée pour représenter un indice global de l'incertitude.

Nous avons également utilisé cette technique pour prendre en compte l'incertitude dans les cartes de richesse spécifique.

Un schéma récapitulatif de la méthode de l'obtention du risque d'effet est présenté en Figure 7.

Responsabilité de l'espèce

Par stade de vie ou par espèce

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

Densité interpolée moyenne bruitée

Par stade de vie ou par espèce

Carte

Multiplication

Sensibilité de l'espèce

Matrice de sensibilité à dire d'experts

Moyenne pondérée des réponses obtenues pour chaque impact

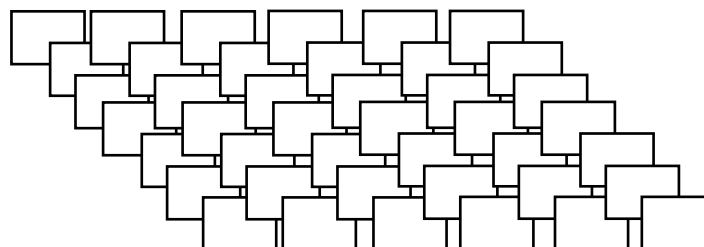
$S = \text{maximum}(\text{moyennes pondérées})$

Enjeu de l'espèce

Carte

Multiplication

Risque d'effet de l'espèce



Somme des 58 cartes



Risque d'effet global
(toutes espèces confondues)

Figure 7 : Schéma récapitulatif des étapes méthodologiques amenant au risque d'effet global.

3 Résultats

Toutes les cartes du projet ont été archivées dans Sextant :

<https://sextant.ifremer.fr/Donnees/Catalogue#/search?from=1&to=30>.

Un catalogue « Eolien en mer » a été créé pour facilement retrouver les cartes propres au projet :

https://www.ifremer.fr/sextant_doc/pages/eolien_en_mer.html#/search?from=1&to=30.

Des exemples de chaque type de carte sont présentés ci-dessous. La méthode quantile, divisée en 10 classes, a été utilisée pour les légendes des cartes de type raster ci-après.

3.1 Densité sans interpolation

Un exemple de carte sans interpolation est présenté en Figure 8. La carte permet d'illustrer la densité moyenne totale et l'écart-type total à chaque station entre 2015 et 2019 de l'espèce *Galeus melastomus*. Les densités et écart-types des stades juvénile, adulte et indéterminé sont également illustrés.

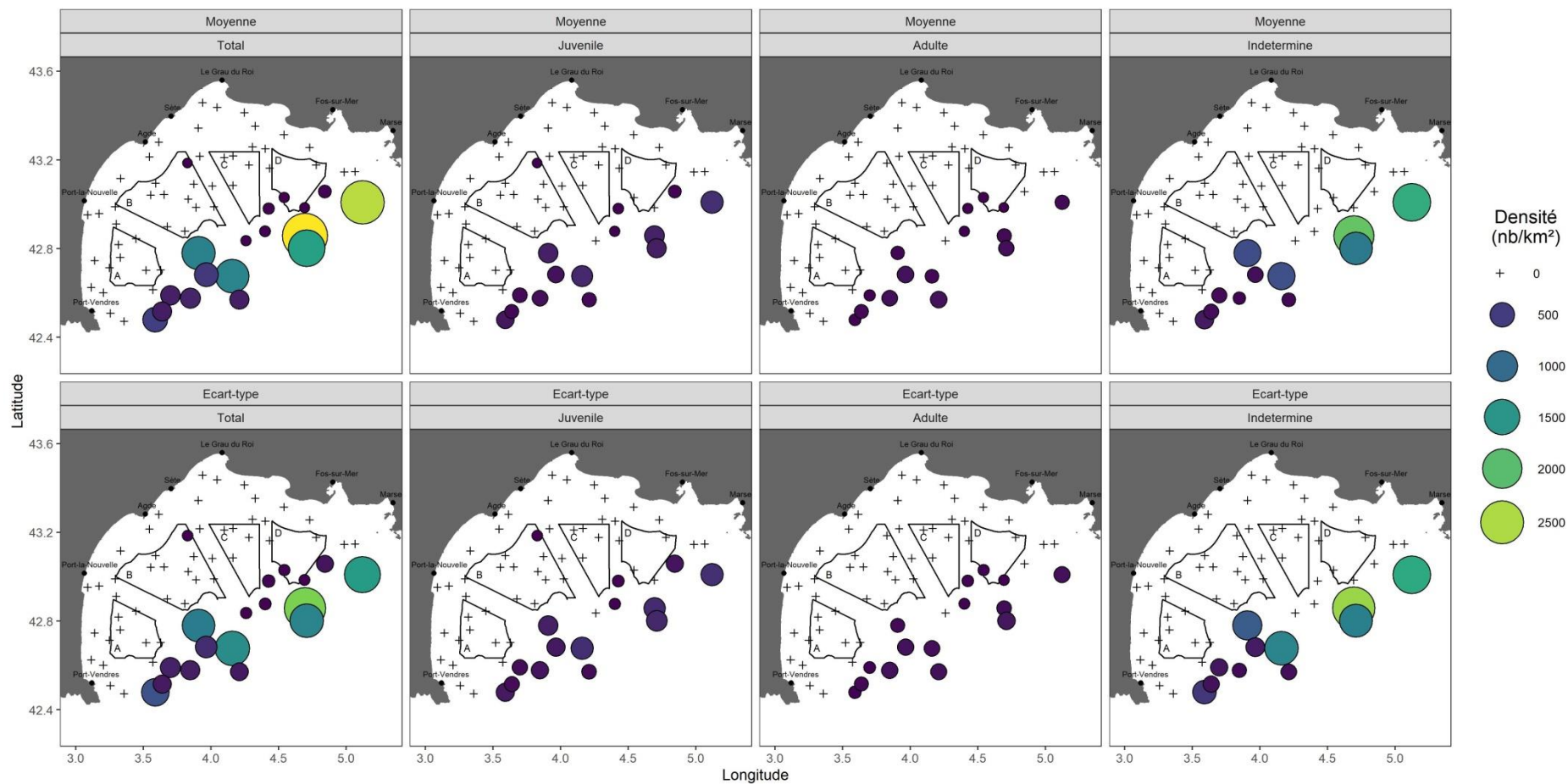


Figure 8 : Carte sans interpolation illustrant la densité moyenne et l'écart-type à chaque station. Les stades de vie suivants sont représentés : juvénile, adulte et indéterminé. Exemple présenté: *Galeus melastomus*.

3.2 Densité interpolée

Un exemple de carte de densité annuelle interpolée est présenté en Figure 9 et la variance de krigeage associée est présentée en Figure 10.

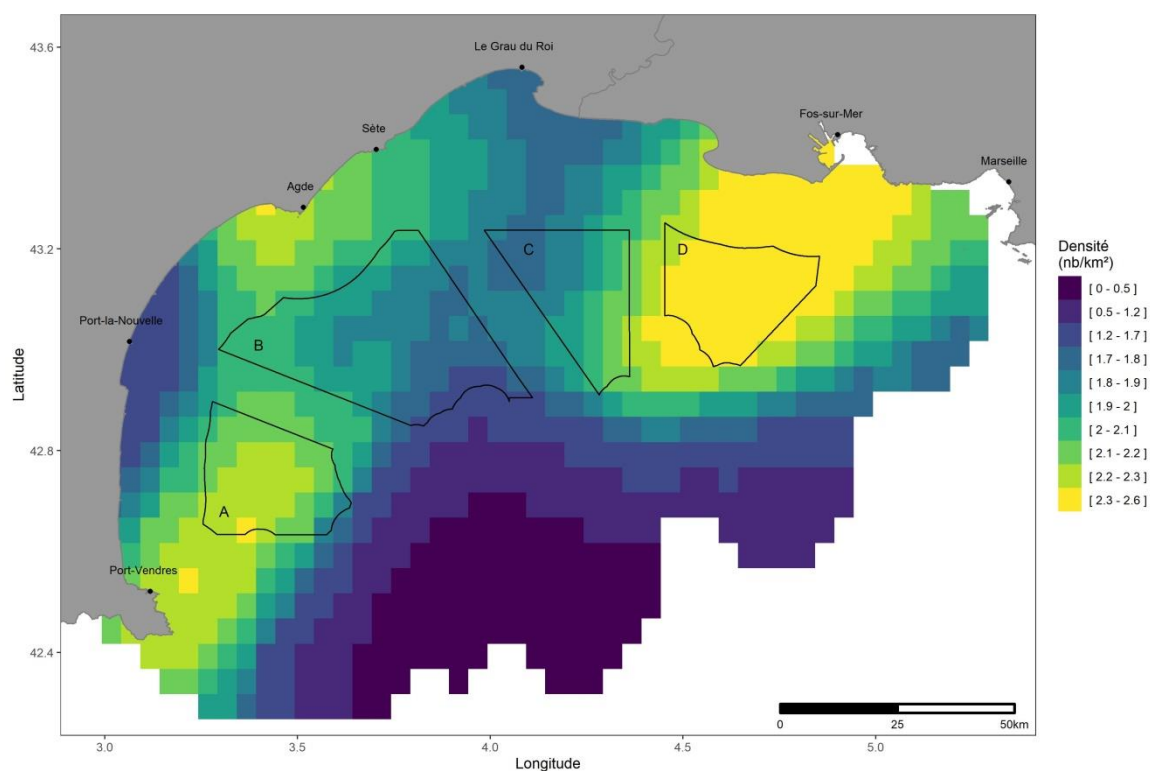


Figure 9 : Carte de densité annuelle pour les juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*) en 2019 (campagne MEDITS).

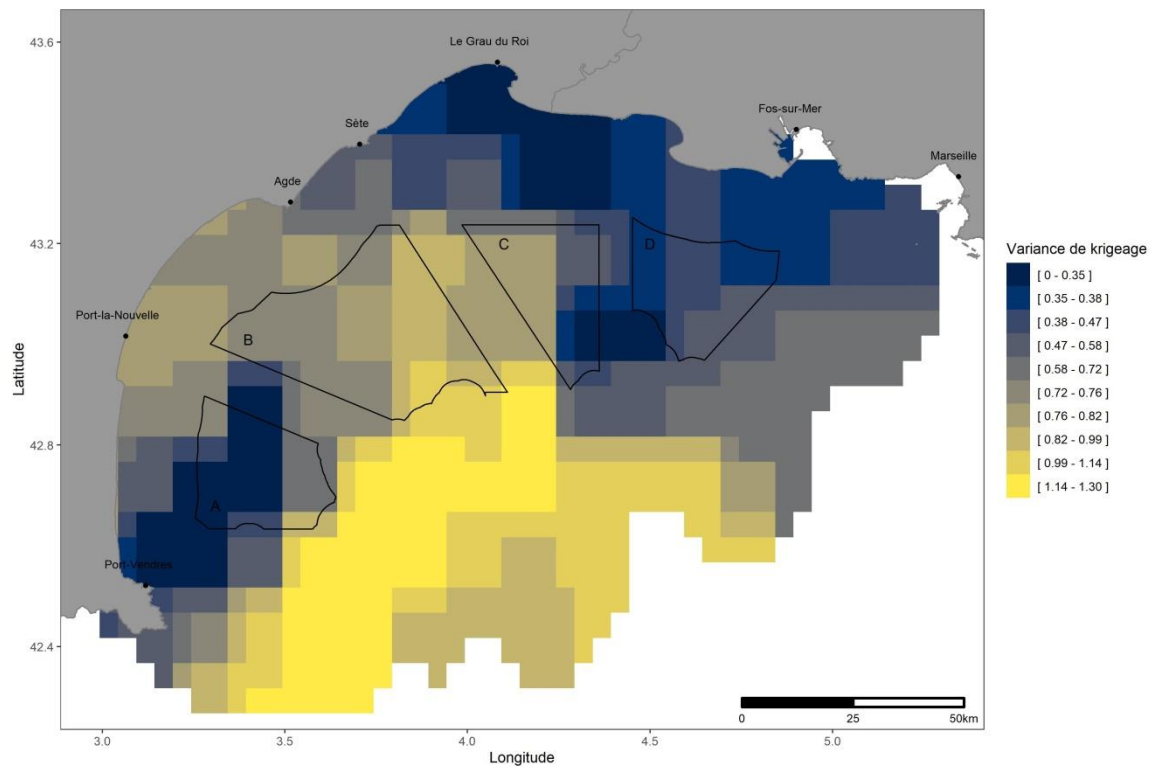


Figure 10 : Variance de krigeage de la densité des juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*) en 2019 (campagne MEDITS).

3.3 Capture par unité d'effort

La carte moyenne de CPUE entre 2015 et 2019 pour le merlu (*Merluccius merluccius*) est présentée en Figure 11. L'écart-type de la CPUE sur la même période et pour la même espèce est présentée en Figure 12.

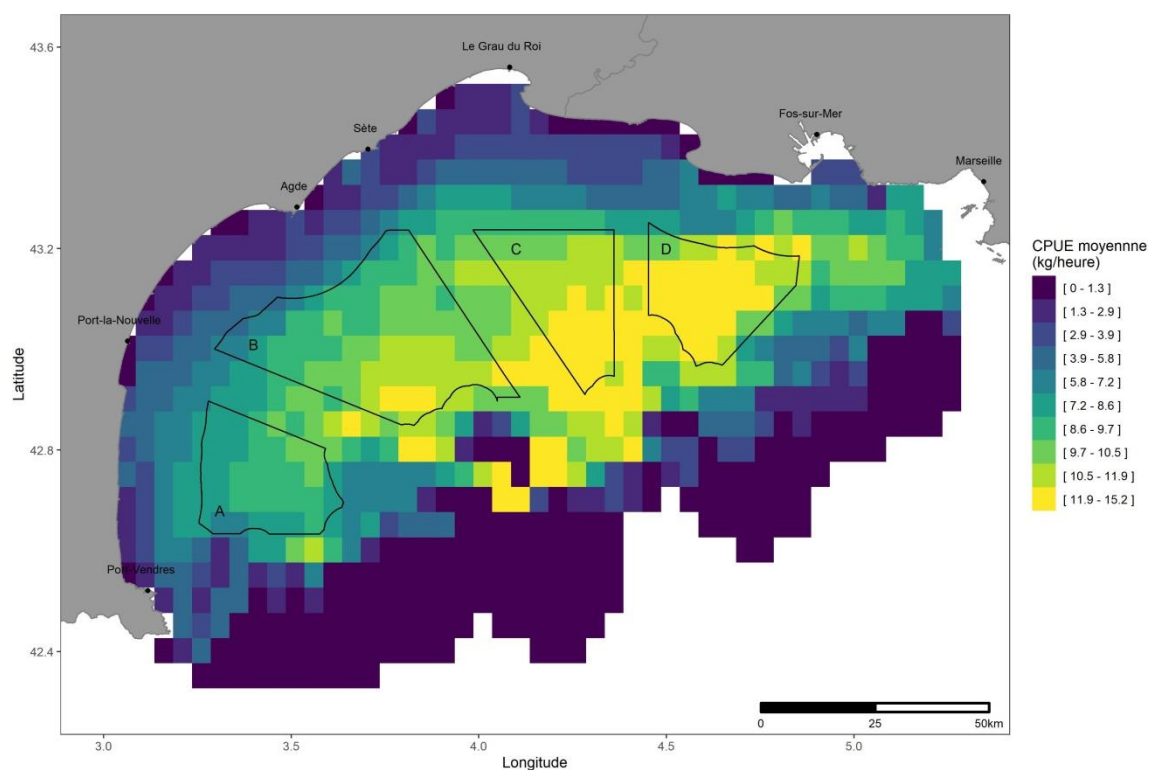


Figure 11 : Capture par unité d'effort moyenne sur la période 2015-2019 pour le merlu (*Merluccius merluccius*).

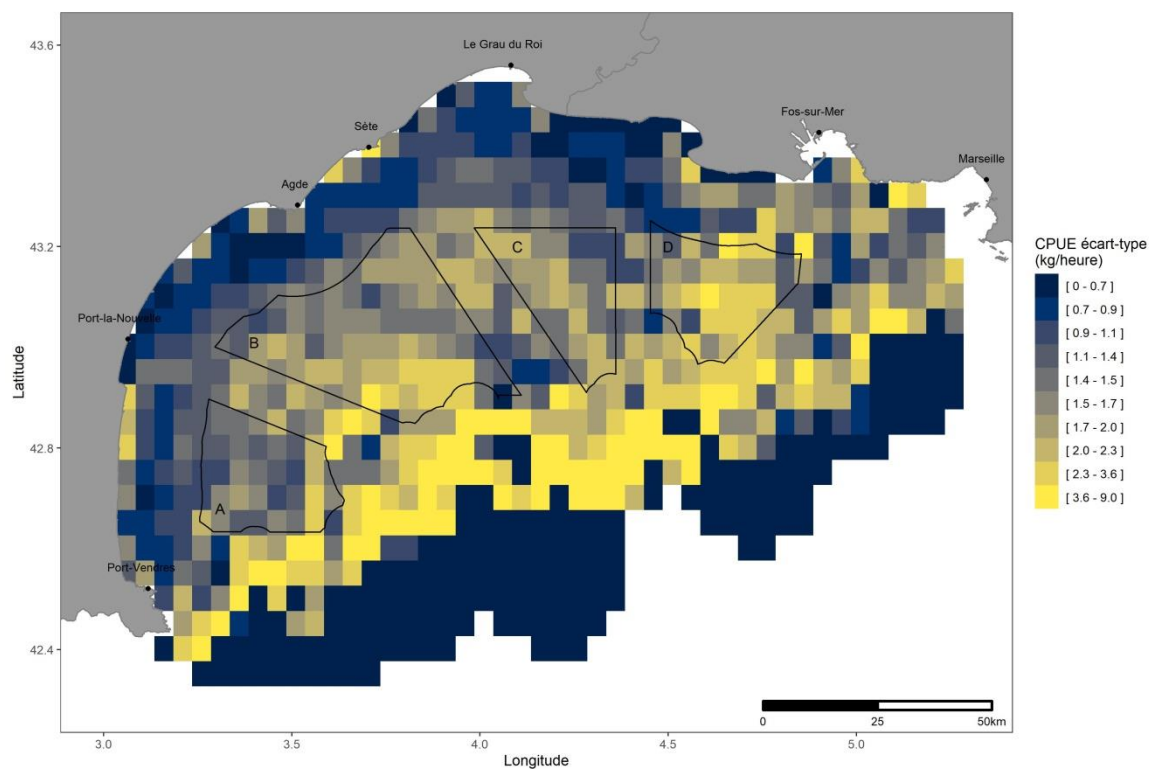


Figure 12 : Ecart-type interannuel de la capture par unité d'effort entre 2015 et 2019 pour le merlu (*Merluccius merluccius*).

3.4 Effort de pêche

L'effort de pêche moyen entre 2015 et 2019 est présenté en Figure 13. L'effort de pêche moyen maximal est de 1081 heures. L'effort de pêche est minimal dans le Sud du Golfe du Lion, voir absent au large, et est maximal (> 400 heures) tout le long du littoral. L'effort est moins élevé (> 180 heures, < 400 heures) près du littoral de Fos-sur-Mer.

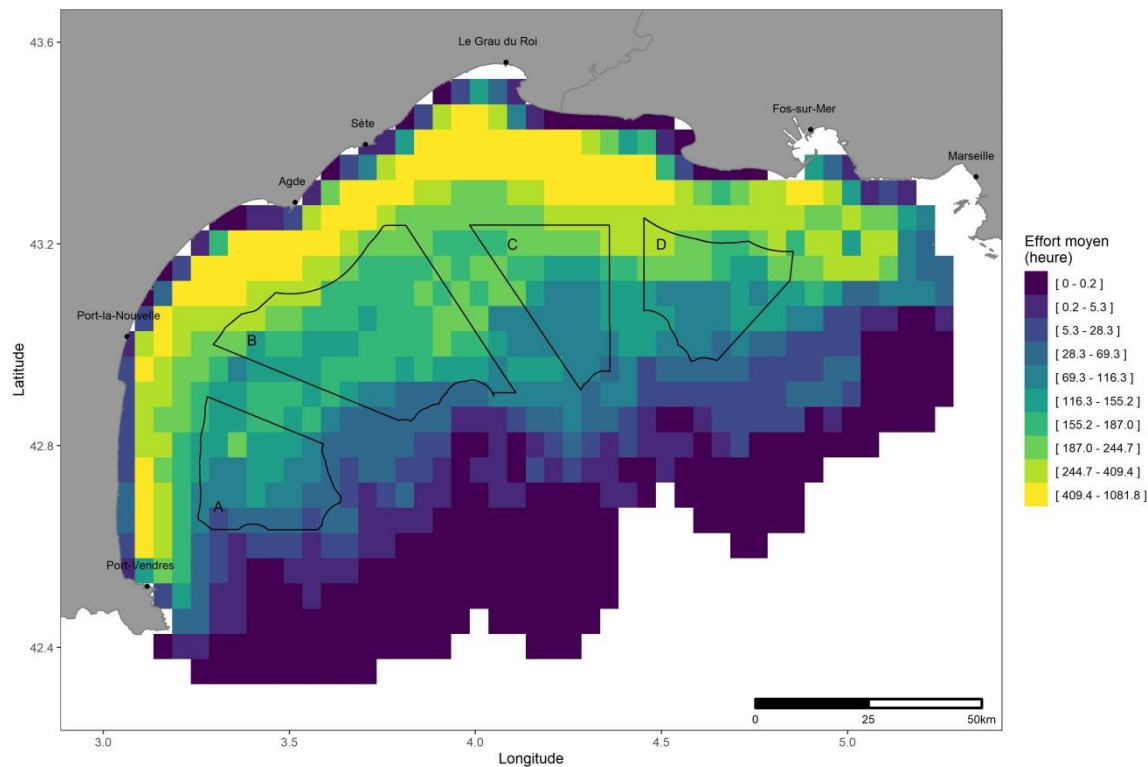


Figure 13 : Effort de pêche moyen entre 2015 et 2019.

L'écart-type de l'effort de pêche entre 2015 et 2019 est présenté en Figure 14. L'écart-type est élevé le long du littoral, entre les macrozones C et D, et dans l'ouest de la macrozone D. L'écart-type maximal trouvé est de 241 heures.

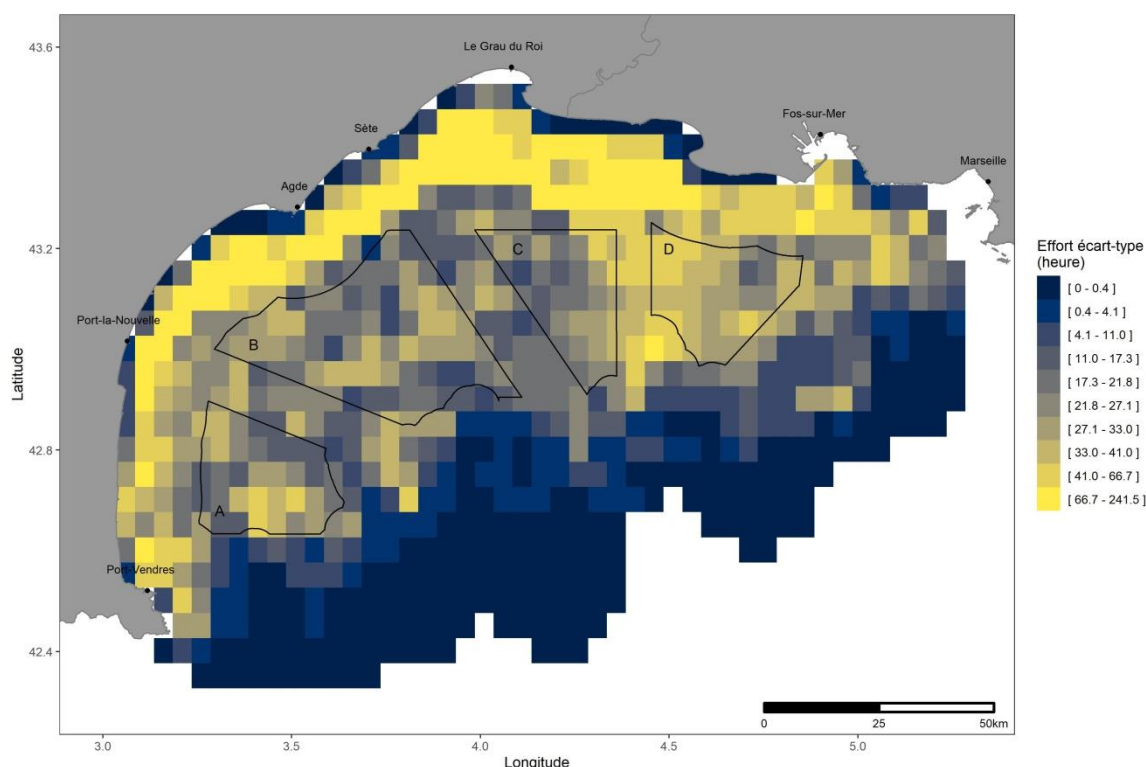


Figure 14 : Ecart-type interannuel de l'effort de pêche entre 2015 et 2019.

3.5 Représentativité des campagnes scientifiques

Les valeurs de représentativité calculées à partir des données de densité s'échelonnent de 0 ($\pm$ Écart-type (ET) = 0) à 0.31 ($\pm$ ET = 0) (Tableau 5).

Tableau 5 : Valeur de la représentativité des espèces calculée à partir de la densité, moyenne et écart-type issues de 100 simulations par bootstrapping.

Abréviation	Espèce	Stade	Représentativité	Écart-type
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>		0.25	0.00
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>		0.29	0.03
ALLOSPP	<i>Alloteuthis spp.</i>		0.20	0.00
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>		0.22	0.01
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>		0.15	0.01
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>		0.22	0.00
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Adulte	0.12	0.01
		Juvenile	0.20	0.01
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>		0.24	0.01
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Adulte	0.20	0.00
		Juvenile	0.11	0.01
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>		0.31	0.00
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>		0.18	0.00
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>		0.30	0.00
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Adulte	0.25	0.00
		Juvenile	0.14	0.01
CONGCON	<i>Conger conger</i>		0.16	0.00
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Adulte	0.23	0.00
		Juvenile	0.26	0.00
ELEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	Adulte	0.13	0.01
		Juvenile	0.15	0.01
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Adulte	0.29	0.00
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Adulte	0.24	0.01
		Juvenile	0.24	0.00

FUNIQUEA	<i>Funiculina quadrangularis</i>		0.24	0.00
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>		0.25	0.00
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>		0.15	0.01
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>		0.17	0.01
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Adulte	0.25	0.00
		Juvenile	0.26	0.00
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	Adulte	0.14	0.00
		Juvenile	0.05	0.00
LEPRSPP	<i>Leptometra spp.</i>		0.21	0.01
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>		0.25	0.00
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Adulte	0.16	0.00
		Juvenile	0.26	0.00
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	Adulte	0.04	0.00
		Juvenile	0.23	0.01
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>		0.20	0.01
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Adulte	0.18	0.00
		Juvenile	0.22	0.00
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Adulte	0.04	0.00
		Juvenile	0.20	0.01
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>		0.25	0.01
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Adulte	0.20	0.00
		Juvenile	0.08	0.01
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Adulte	0.13	0.01
		Juvenile	0.03	0.00
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Adulte	0.11	0.00
		Juvenile	0.08	0.00
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Adulte	0.12	0.01
		Juvenile	0.15	0.01
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Adulte	0.02	0.00
		Juvenile	0.14	0.00
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Adulte	0.17	0.01
		Juvenile	0.13	0.01
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Adulte	0.18	0.01
		Juvenile	0.20	0.00
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Adulte	0.13	0.00
		Juvenile	0.11	0.00
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>		0.22	0.01
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Adulte	0.24	0.00
		Juvenile	0.20	0.01
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Adulte	0.22	0.01
		Juvenile	0.19	0.00
SCYOCAN	<i>Scyllorhinus canicula</i>	Adulte	0.17	0.00
		Juvenile	0.15	0.00
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>		0.17	0.00
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>		0.22	0.01
SEPOSPP	<i>Sepioida spp.</i>		0.22	0.01
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>		0.18	0.00
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>		0.27	0.00
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Adulte	0.30	0.00
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>		0.18	0.00
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Adulte	0.14	0.01
		Juvenile	0.18	0.00
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Adulte	0.19	0.00
		Juvenile	0.21	0.00
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>		0.23	0.01
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>		0.10	0.01
TRISCAP	<i>Trisopterus capellanus</i>	Adulte	0.28	0.00
		Juvenile	0.23	0.00
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>		0.19	0.00
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Adulte	0.13	0.01
		Juvenile	0.15	0.01

3.6 Représentativité des données de débarquements géolocalisés

Les valeurs de représentativité calculées à partir des données de CPUE s'échelonnent de 0 ($\pm$ ET = 0) à 0.61 ($\pm$ ET = 0.05) (Tableau 6).

Tableau 6 : Valeur de la représentativité des espèces calculée à partir de la capture par unité d'effort, moyenne et écart-type issue de 100 simulations par bootstrapping.

Abréviation	Espèce	Représentativité CPUE	Écart-type
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	NA	NA
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>	0.16	0.01
ALLOSPP	<i>Alloteuthis spp.</i>	0.16	0.00
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	0.15	0.04
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>	0.17	0.01
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>	0.49	0.02
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	0.32	0.01
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>	0.09	0.04
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	0.22	0.01
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>	NA	NA
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>	0.61	0.05
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>	0.52	0.01
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	0.30	0.03
CONGCON	<i>Conger conger</i>	0.22	0.01
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	0.29	0.00
EEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	0.29	0.00
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0.32	0.02
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	0.24	0.01
FUNIQUEA	<i>Funiculina quadrangularis</i>	NA	NA
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>	NA	NA
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>	0.24	0.01
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	NA	NA
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	0.35	0.01
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	0.19	0.01
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>	NA	NA
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0.32	0.01
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	0.38	0.00
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	0.37	0.00
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	NA	NA
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	0.36	0.00
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	0.06	0.01
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>	0.43	0.02
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	0.16	0.01
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	0.05	0.01
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	0.13	0.00
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	0.07	0.01
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	0.10	0.03
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	0.13	0.01
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	0.34	0.01
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	0.19	0.01
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	NA	NA
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	0.17	0.03
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	0.30	0.01
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0.28	0.01
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>	0.34	0.02
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>	0.24	0.01
SEPOSPP	<i>Sepioida spp.</i>	0.23	0.01
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>	0.37	0.03
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>	0.36	0.03
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	0.15	0.10
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>	0.11	0.04
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	0.31	0.05

TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	0.15	0.00
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>	0.34	0.01
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>	0.00	0.00
TRISCAP	<i>Trisopterus capelanus</i>	0.42	0.00
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	NA	NA
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	0.08	0.01

3.7 Représentativité de l'effort de pêche

La représentativité de l'effort de pêche est de 0.21 ($\pm$ ET = 0.00).

3.8 Vulnérabilité

Les valeurs de vulnérabilité s'échelonnent de 0 à 1 (Tableau 7).

Tableau 7 : Statut de protection et score de vulnérabilité par espèce.

Abréviation	Espèce	Classement UICN	Evaluation stocks	Vulnérabilité finale	Score	Score final
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>	Données insuffisantes		Données insuffisantes	2	0.33
ALLOSP	<i>Alloteuthis spp.</i>	Données insuffisantes		Données insuffisantes	2	0.33
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
CONGCON	<i>Conger conger</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ELEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Préoccupation	Faible biomasse	Quasi menacé	3	0.66

		mineure				
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
FUNQUA	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Vulnérable		Vulnérable	4	1
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boschii</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>	Non évalué		NA	2	0.33
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
LOPHPI	<i>Lophius piscatorius</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	Non évalué		NA	2	0.33
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Vulnérable	Forte surexploitation, faible biomasse	Vulnérable	4	1
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Préoccupation mineure	Forte surexploitation, biomasse moyenne	Préoccupation mineure	1	0
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Non évalué		NA	2	0.33
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	Vulnérable		Vulnérable	4	1
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Préoccupation mineure	Faible biomasse, stock déséquilibré	Quasi menacé	3	0.66
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Préoccupation mineure		Préoccupation mineure	1	0
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Préoccupation		Préoccupation	1	0

		mineure	mineure		
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>	Données insuffisantes	Données insuffisantes	2	0.33
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>	Données insuffisantes	Données insuffisantes	2	0.33
SEPOSPP	<i>Sepioida spp.</i>	Données insuffisantes	Données insuffisantes	2	0.33
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation	1	0
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation	1	0
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Données insuffisantes	Données insuffisantes	2	0.33
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
TRISCAP	<i>Trisopterus capelanus</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	1	0

3.9 Responsabilité

Les valeurs de responsabilité s'échelonnent de 1.19 ($\pm$ ET = 0.01) à 6.79 ($\pm$ ET = 0.01) (Tableau 8).

Tableau 8 : Valeur de responsabilité (Eq 5 ou 6) par espèce, moyenne et écart type issue de 100 simulations par bootstrapping.

Abréviation	Espèce	Stade	Responsabilité	Écart-type
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>		2.13	0.01
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>		3.51	0.07
ALLOSPP	<i>Alloteuthis spp.</i>		3.29	0.01
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>		1.82	0.09
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>		1.73	0.03
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>		2.58	0.04
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Adulte	2.00	0.02
		Juvenile	2.17	0.02
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>		1.74	0.09
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Adulte	1.95	0.02
		Juvenile	1.75	0.03
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>		2.40	0.02
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>		2.79	0.10
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>		2.83	0.01
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Adulte	2.23	0.07
		Juvenile	1.98	0.07
CONGCON	<i>Conger conger</i>		1.85	0.02
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Adulte	2.17	0.01

		Juvenile	2.23	0.01
ELEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	Adulte	1.95	0.02
		Juvenile	1.98	0.02
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Adulte	5.38	0.04
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Adulte	2.08	0.03
		Juvenile	2.07	0.02
FUNIQUE	<i>Funiculina quadrangularis</i>		6.57	0.02
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>		2.12	0.01
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>		1.87	0.02
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>		1.77	0.04
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Adulte	2.34	0.02
		Juvenile	2.37	0.02
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	Adulte	1.74	0.03
		Juvenile	1.54	0.03
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>		3.44	0.04
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>		2.27	0.01
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Adulte	2.21	0.01
		Juvenile	2.44	0.01
LOPHPI	<i>Lophius piscatorius</i>	Adulte	1.94	0.01
		Juvenile	2.36	0.02
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>		3.41	0.05
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Adulte	6.72	0.01
		Juvenile	6.79	0.01
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Adulte	1.22	0.02
		Juvenile	1.58	0.02
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>		2.54	0.04
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Adulte	1.82	0.02
		Juvenile	1.55	0.04
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Adulte	1.40	0.02
		Juvenile	1.19	0.01
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Adulte	1.53	0.01
		Juvenile	1.48	0.01
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Adulte	1.43	0.03
		Juvenile	1.50	0.03
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Adulte	1.28	0.07
		Juvenile	1.53	0.08
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Adulte	1.68	0.02
		Juvenile	1.60	0.02
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Adulte	3.68	0.03
		Juvenile	3.72	0.03
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Adulte	1.72	0.02
		Juvenile	1.66	0.02
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>		6.48	0.03
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Adulte	4.94	0.08
		Juvenile	4.85	0.08
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Adulte	2.16	0.03
		Juvenile	2.10	0.02
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Adulte	2.03	0.02
		Juvenile	1.96	0.02
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>		3.64	0.04
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>		3.52	0.03
SEPOSPP	<i>Sepiola spp.</i>		3.52	0.04
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>		2.24	0.06
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>		2.42	0.06
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Adulte	3.51	0.23
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>		1.65	0.08
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Adulte	2.01	0.12
		Juvenile	2.11	0.12
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Adulte	1.77	0.01
		Juvenile	1.82	0.01
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>		2.29	0.02

TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>		1.23	0.01
TRISCAP	<i>Trisopterus capellanus</i>	Adulte	2.57	0.01
		Juvenile	2.45	0.01
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>		1.85	0.02
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Adulte	1.48	0.02
		Juvenile	1.53	0.02

Les valeurs de responsabilité compensée (Eq 7) sont présentées à titre indicatif en annexe (Tableau A 6) ainsi que les cartes de risque combiné (Figure A 1 à Figure A 14).

3.10 Enjeu

Un exemple de carte d'enjeu est présenté en Figure 15. L'incertitude de l'enjeu est présentée en Figure 16.

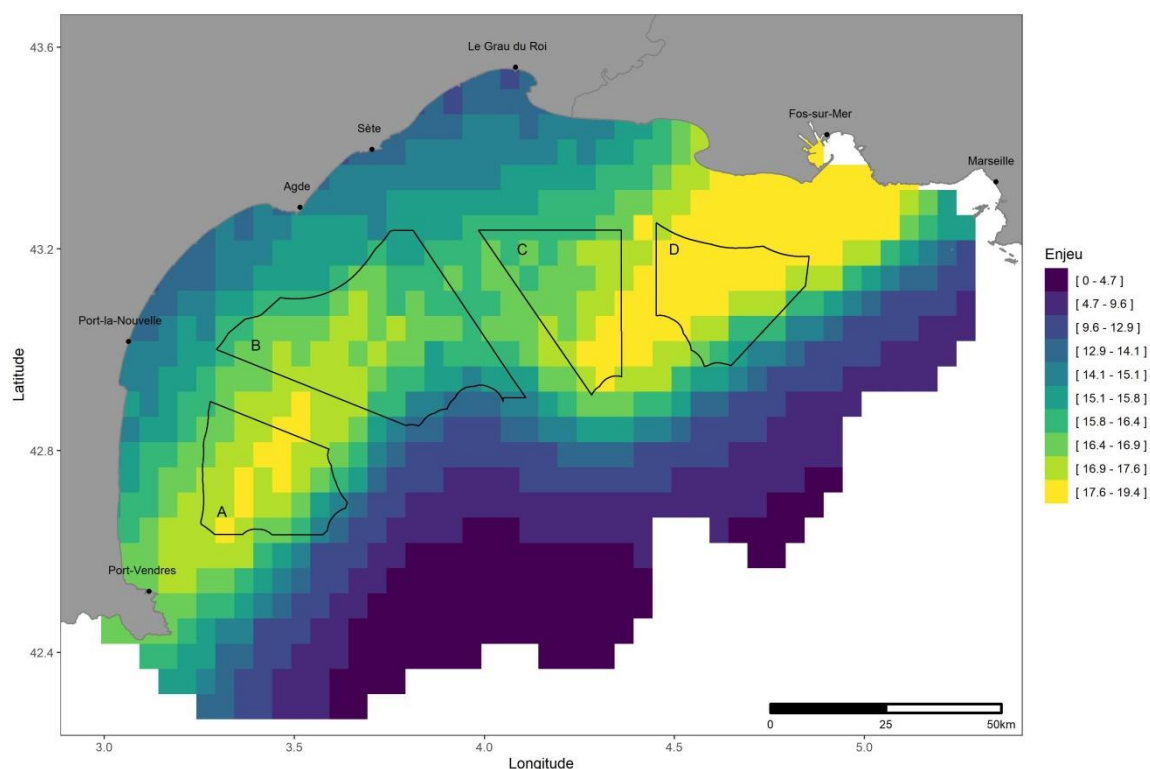


Figure 15 : Carte d'enjeu des juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*). Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

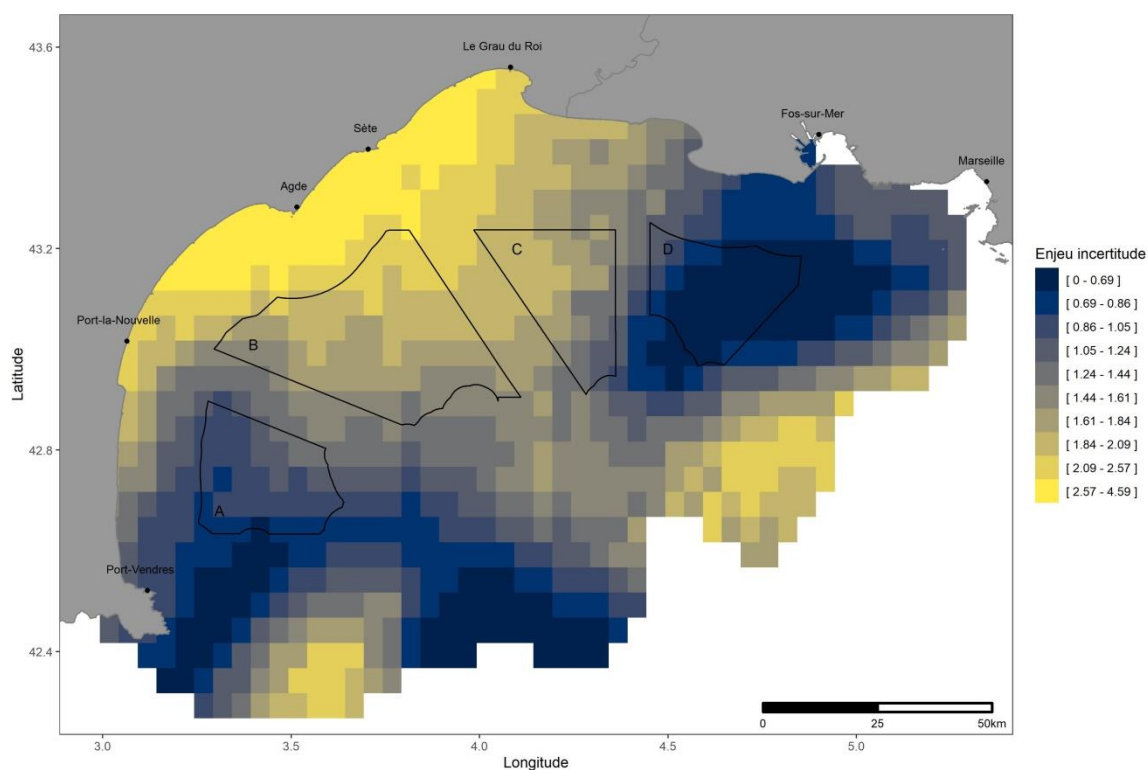


Figure 16 : Carte d'incertitude de l'enjeu des juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*). Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

3.11 Sensibilité

L'analyse s'est basée sur les réponses de 8 experts. Le nombre de réponses par pression et par espèce (rappel : la modalité « inconnue » a été retirée de l'analyse) ainsi que la moyenne pondérée sont renseignées en annexe (Tableau A 7). Les valeurs de sensibilité maximum par espèce s'échelonnent de 1.51 ($\pm$ ET = 0.22) à 2.86 ($\pm$ ET = 0.08) (Tableau 9).

Tableau 9 : Valeur de sensibilité maximum par espèce, moyenne et écart-type (100 simulations par bootstrapping)

Abréviation	Espèce	Sensibilité maximum	Écart-type
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	2.86	0.08
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>	1.77	0.16
ALLOSP	<i>Alloteuthis spp.</i>	1.77	0.16
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	2.03	0.20
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>	1.81	0.20
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>	2.00	0.00
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	1.85	0.16
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>	2.19	0.14
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	1.77	0.22
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>	1.81	0.20
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>	2.04	0.26
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>	1.56	0.10
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	2.36	0.11
CONGCON	<i>Conger conger</i>	1.67	0.08
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	2.46	0.19
ELEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	2.27	0.28
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	2.38	0.15
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	1.81	0.20
FUNQUA	<i>Funiculina quadrangularis</i>	2.86	0.08
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>	1.80	0.15
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>	1.82	0.11
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	1.81	0.13
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	2.21	0.16
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	2.06	0.11
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>	2.68	0.08
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1.51	0.22
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	2.03	0.15
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	2.03	0.15
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	2.86	0.08
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	1.81	0.20
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	2.21	0.16
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>	2.41	0.10
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	1.81	0.20
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	2.69	0.09
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	2.57	0.14
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	2.09	0.19
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	2.09	0.19
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	2.09	0.19
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	2.49	0.12
PHYBLE	<i>Phycis blennoides</i>	2.06	0.16
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	2.86	0.08
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	2.59	0.10
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	2.24	0.14
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	2.80	0.09
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>	2.43	0.14
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>	2.43	0.14
SEPOSPP	<i>Sepioida spp.</i>	2.43	0.14
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>	1.64	0.11
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>	1.64	0.11
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	2.48	0.13
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>	1.81	0.17
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	2.35	0.14
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	2.35	0.14
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>	1.85	0.16
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>	1.81	0.20
TRISCAP	<i>Trisopterus capelanus</i>	2.03	0.20
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	2.86	0.08
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	2.03	0.20

3.12 Risque d'effet de l'espèce

Un exemple de carte de risque d'effet d'une espèce est présenté en Figure 17. L'incertitude du risque d'effet est présentée en Figure 16.

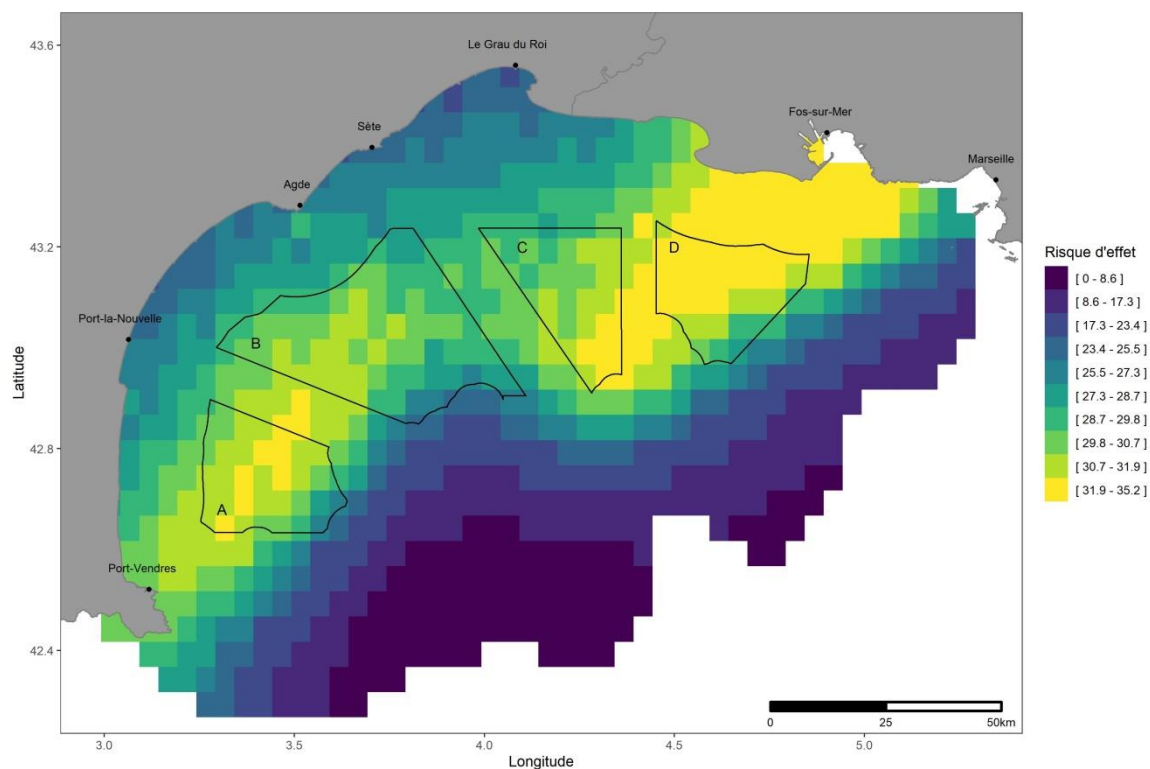


Figure 17 : Risque d'effet des juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*). Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

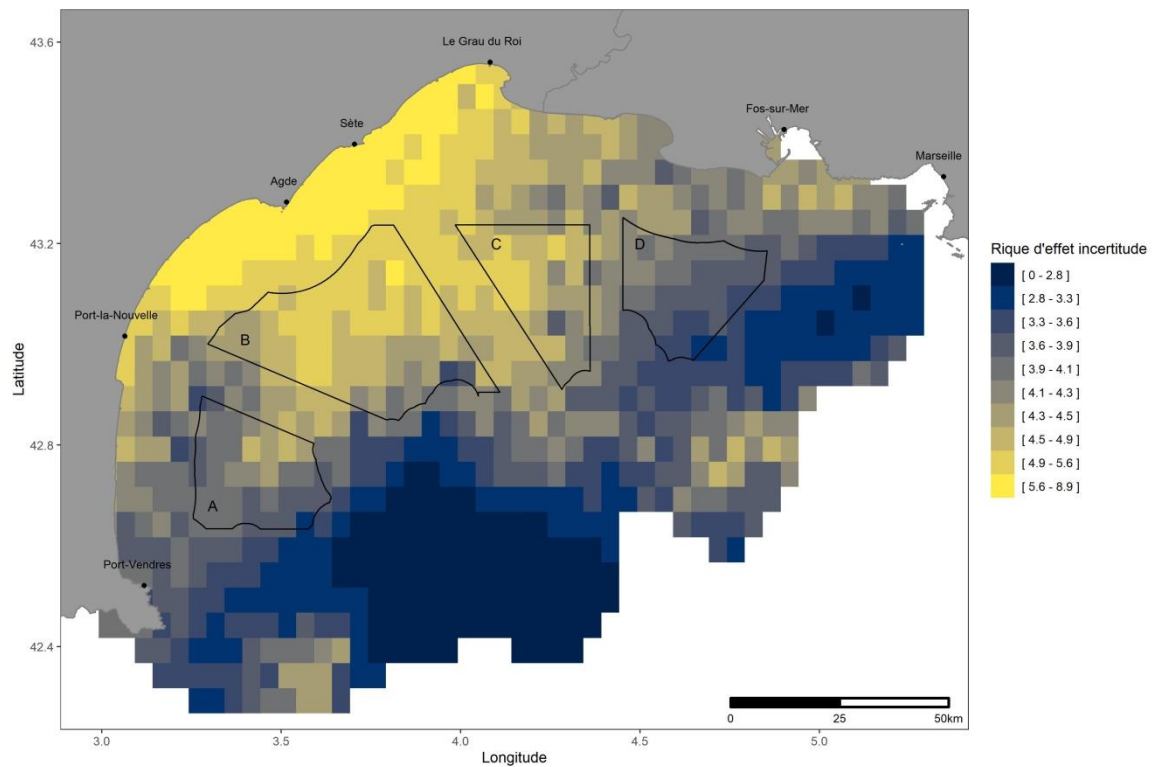


Figure 18 : Incertitude du risque d'effet des juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*). Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

3.13 Risque d'effet global

La carte du risque d'effet global (toutes espèces confondues) est présentée en Figure 19. Le risque d'effet est élevé (> 706) dans la partie ouest du Golfe du Lion : dans la macrozone A, en face de Port-la-Nouvelle, dans l'extrémité ouest de la macrozone B ; et dans la partie nord de la macrozone C. Le risque d'effet est faible (< 300) au sud des macrozones, au large du Golfe du Lion.

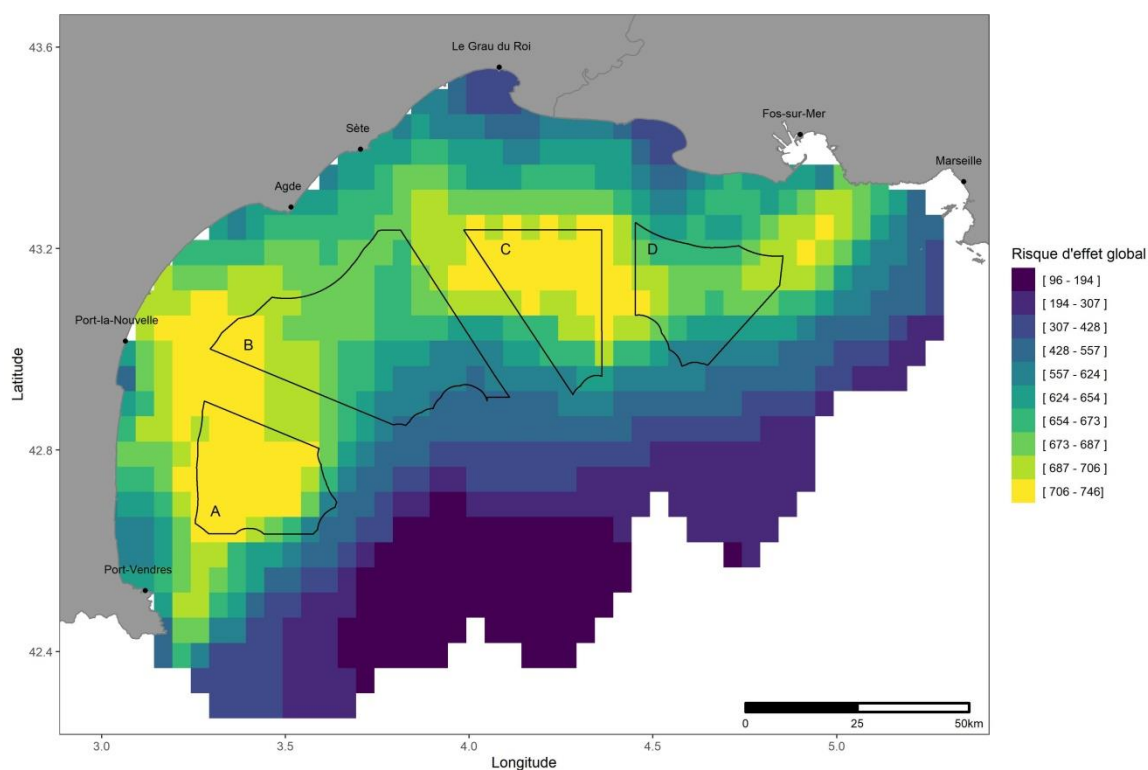


Figure 19 : Risque d'effet global. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet global est présentée en Figure 20. L'incertitude est plus élevée (> 60) près du littoral entre Port-la-Nouvelle et Fos-sur-Mer et dans les macrozones B et C. L'incertitude est moins élevée dans les macrozones A et D, et au sud des macrozones.

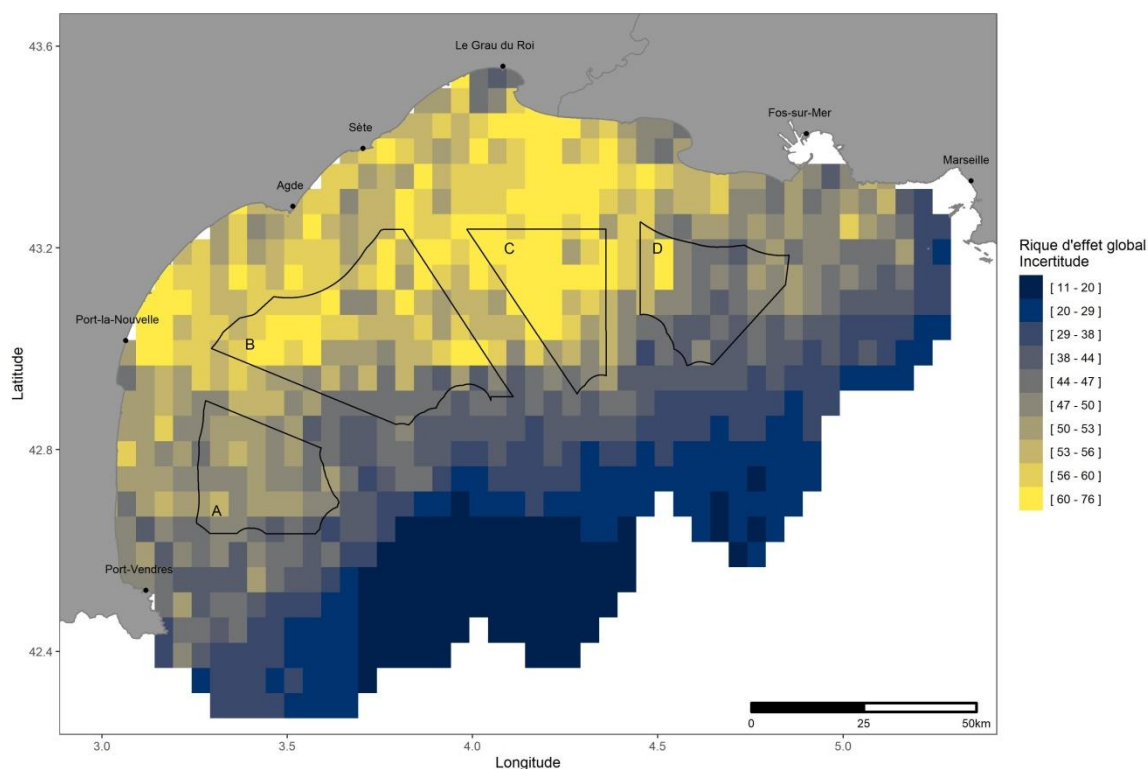


Figure 20 : Incertitude du risque d'effet global. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Le risque d'effet des espèces en zones de nurricerie est plus élevé (> 168) près des côtes, spécifiquement entre Port-la-Nouvelle et Sète (Figure 21). Le risque d'effet reste plus faible dans les macrozones, voir moyen dans l'ouest des macrozones A et B et dans le nord des macrozones C et D.

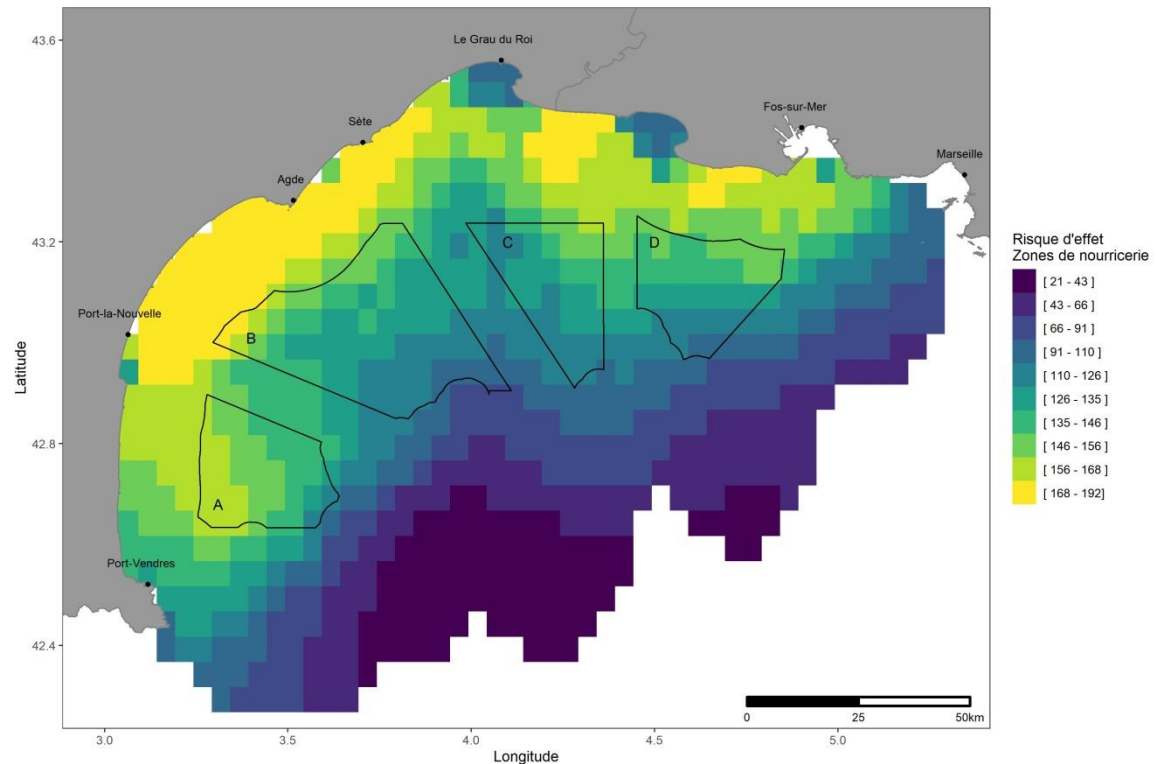


Figure 21 : Risque d'effet des espèces en zones de nurricerie. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet des espèces de juvéniles est plus élevée (entre 20 et 27) dans le milieu du Golfe du Lion et près du littoral entre Sète et le Grau du Roi (Figure 22).

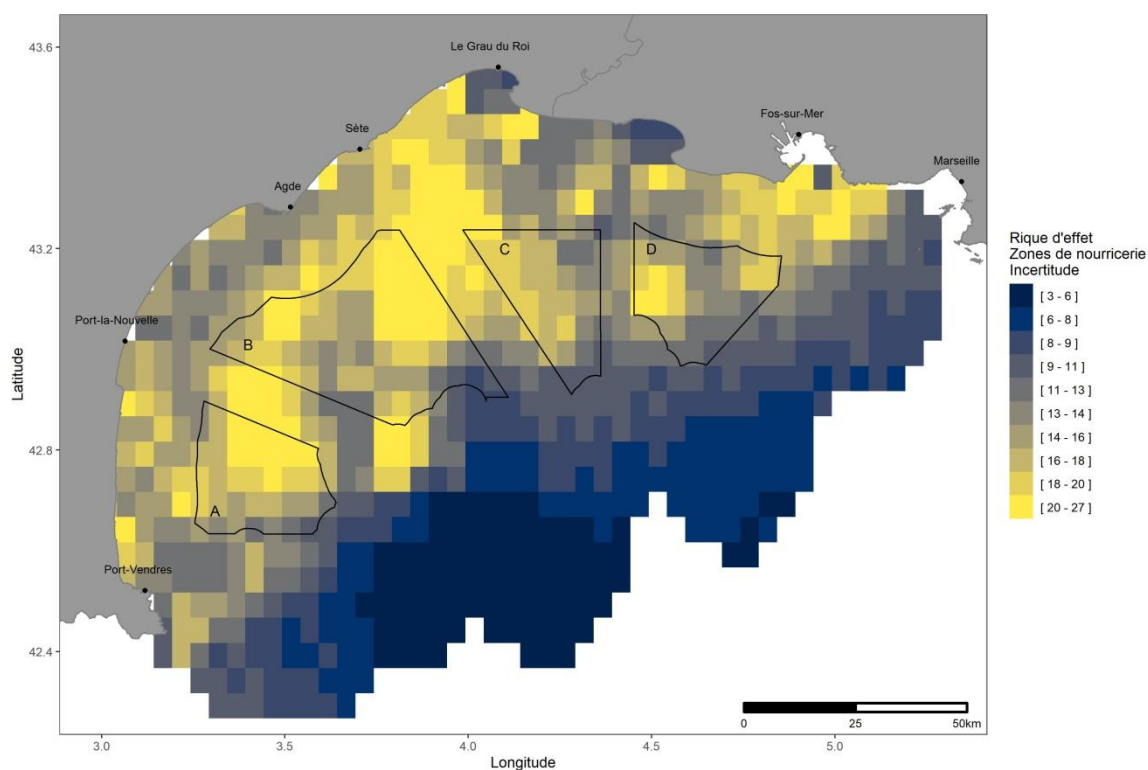


Figure 22 : Incertitude du risque d'effet des espèces en zones de nurserie. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Le risque d'effet des adultes reproducteurs (*proxi* des zones de frayères) des espèces d'ichtyofaune est plus élevé (> 230) dans la macrozone A, entre les macrozones A et B, et C et D, et dans l'est de la macrozone D (Figure 23).

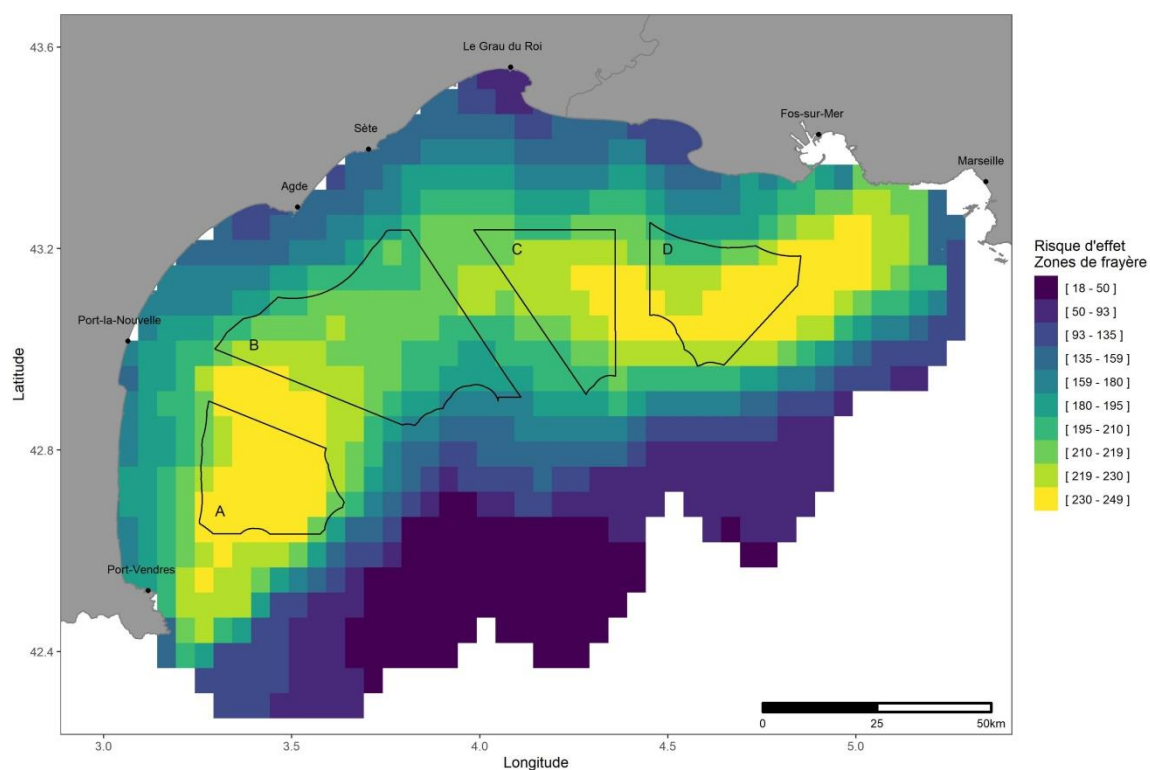


Figure 23 : Risque d'effet des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet des espèces en zone de frayère est plus élevée (> 18.4) près du littoral, à l'ouest et à l'est du Golfe du Lion (Figure 24).

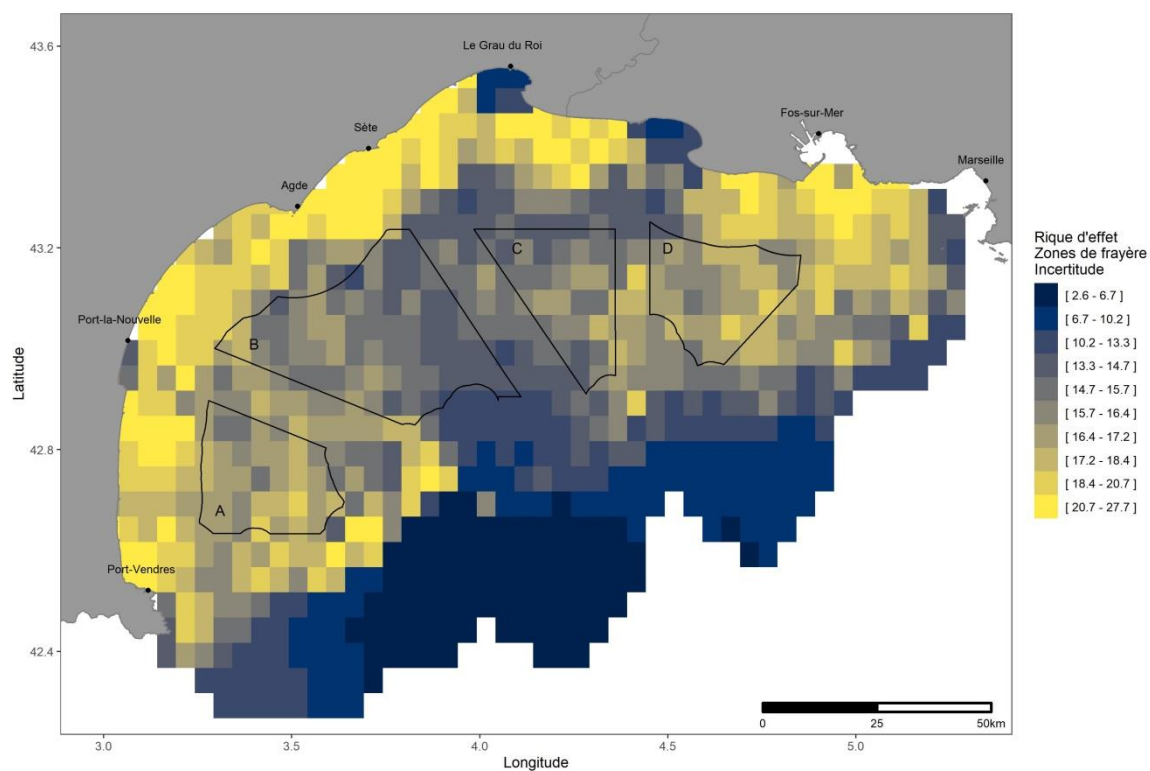


Figure 24 : Incertitude du risque d'effet des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Le risque d'effet des adultes non reproducteurs (*proxi* des zones de croissance pour les espèces d'ichtyofaune) est plus élevé (> 205) près du littoral entre Port-la-Nouvelle et Sète, au large du Grau-du-Roi et dans le nord de la macrozone C (Figure 25).

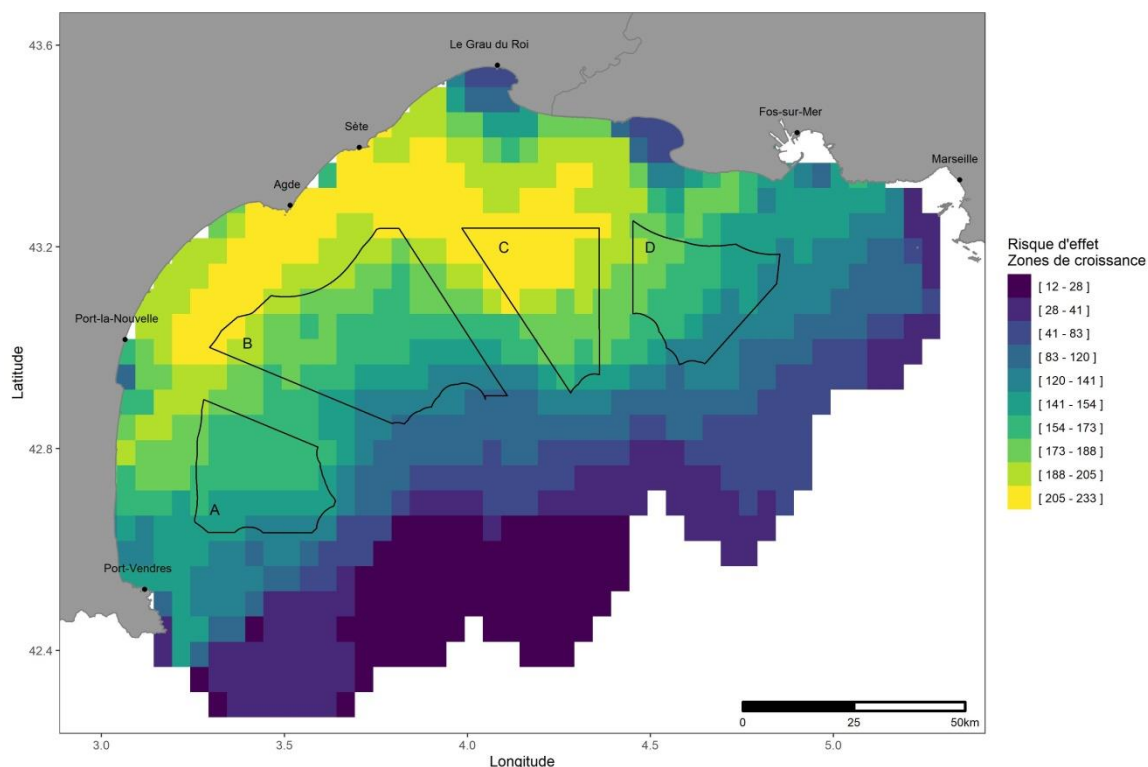


Figure 25 : Risque d'effet des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet des espèces en zones de croissance est plus élevée (> 43.1) entre Port-la-Nouvelle et Fos-sur-Mer et dans les macrozones B et C (Figure 26).

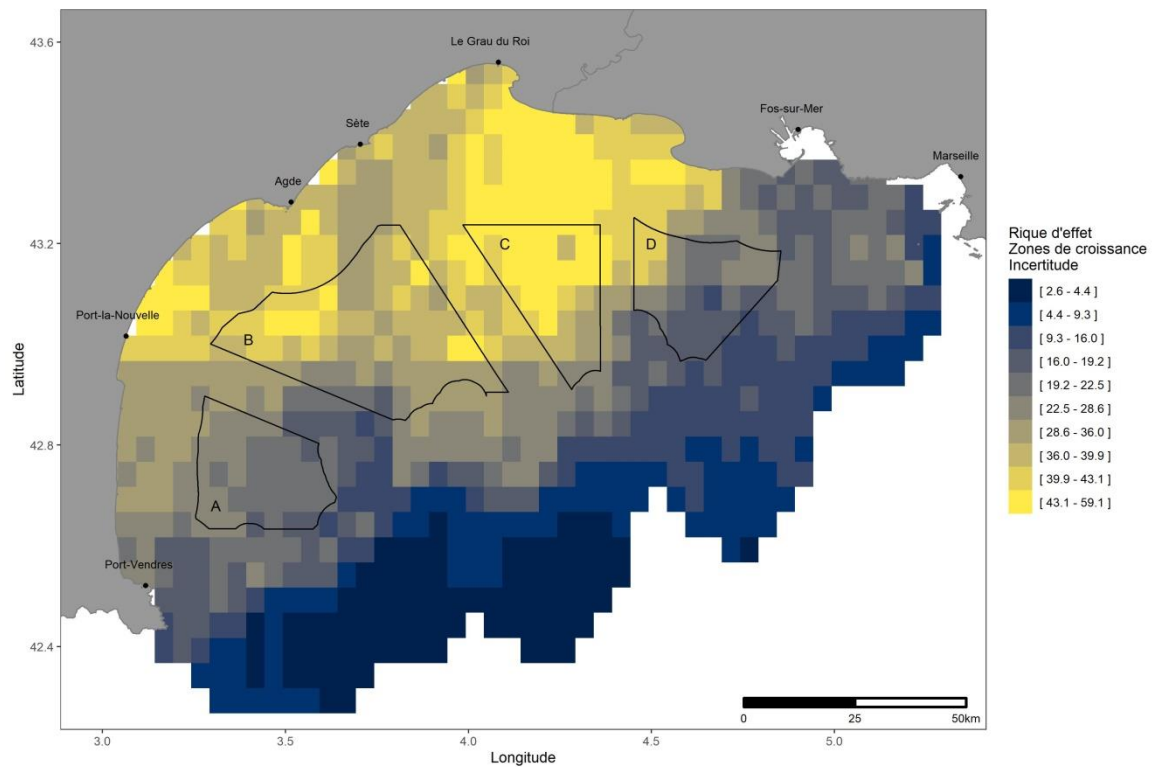


Figure 26 : Incertitude du risque d'effet des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Le risque d'effet des espèces de mollusque est plus fort (> 82) entre Port-la-Nouvelle et Agde, et entre Fos-sur-Mer et Marseille (Figure 27). Le risque d'effet est fort à moyen à l'est de la macrozone A, dans la macrozone B, dans le nord de la macrozone C et à l'est de la macrozone D. Le risque d'effet est plus faible entre Agde et Fos-sur-Mer et au large du Golfe du Lion.

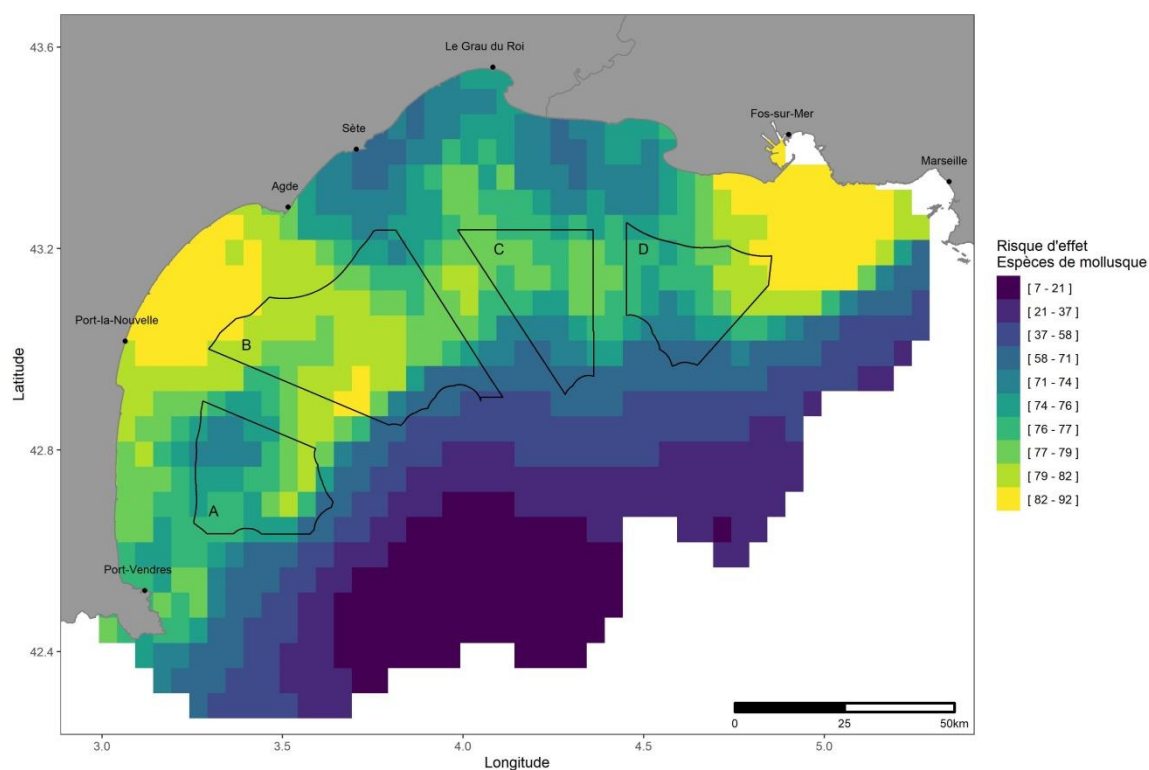


Figure 27 : Risque d'effet des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet des espèces de mollusques est plus forte près du littoral, dans le sud-ouest et dans le nord-est du Golfe du Lion (Figure 28).

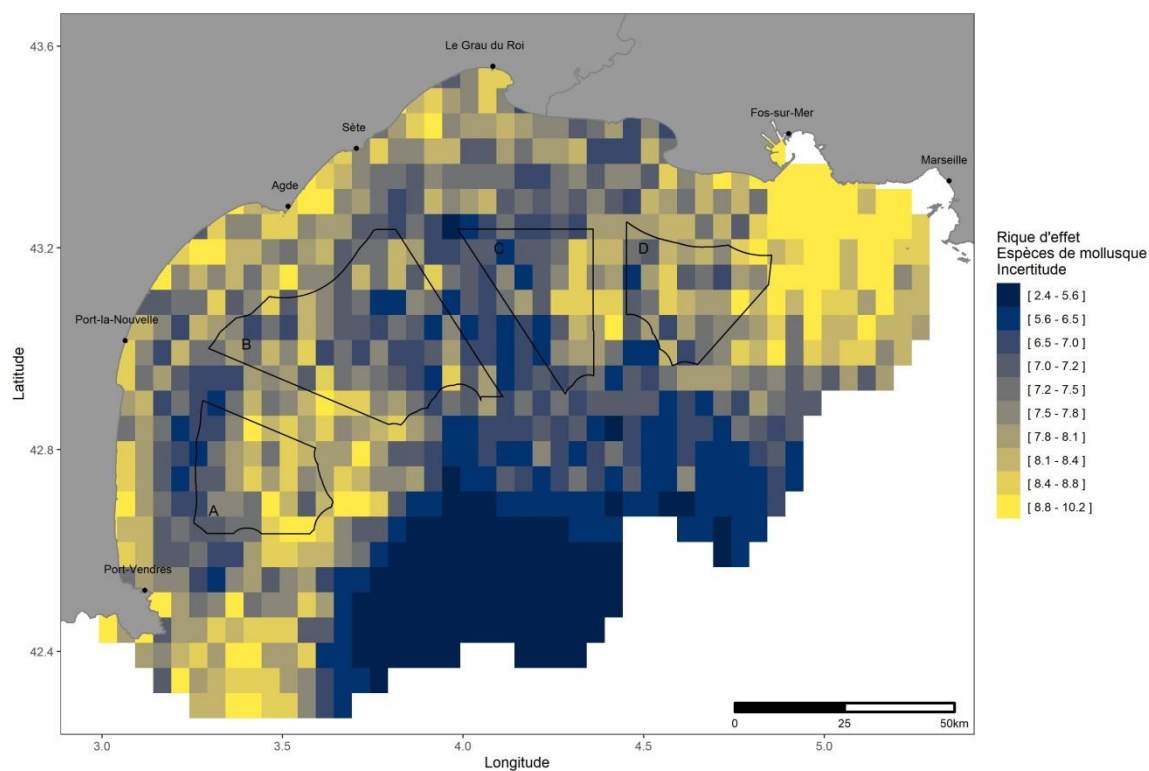


Figure 28 : Incertitude du risque d'effet des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Le risque d'effet des espèces de crustacé est plus fort (> 30) dans le nord de la macrozone C et dans le sud-est du Golfe du Lion (Figure 29). Le risque d'effet est moyen à fort dans le nord-est de la macrozone B, dans la macrozone D, et au large du Golfe du Lion. Le risque d'effet est très faible (< 9) pour les espèces de crustacés près du littoral (sauf entre Fos-sur-Mer et Marseille) et dans le sud de la macrozone B.

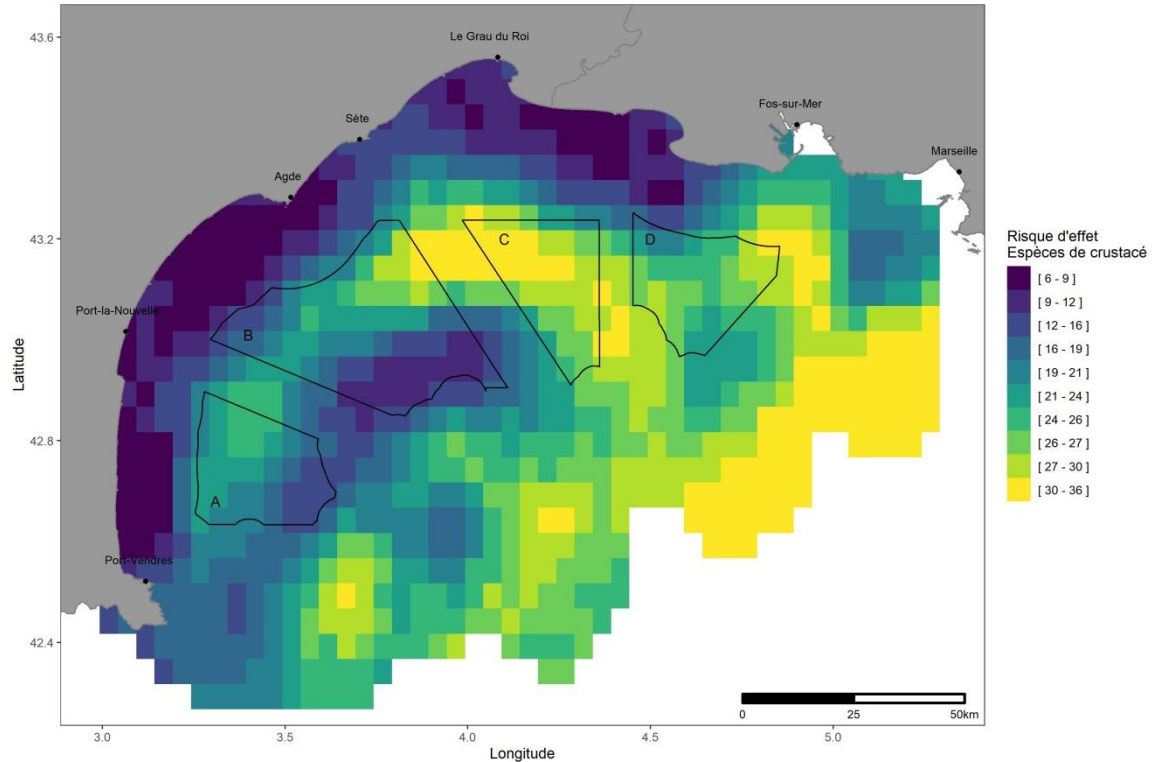


Figure 29 : Risque d'effet des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet des crustacés est forte à très forte (> 6.9) au large des macrozones A et B, au large de Sète et dans l'est du Golfe du Lion (Figure 30).

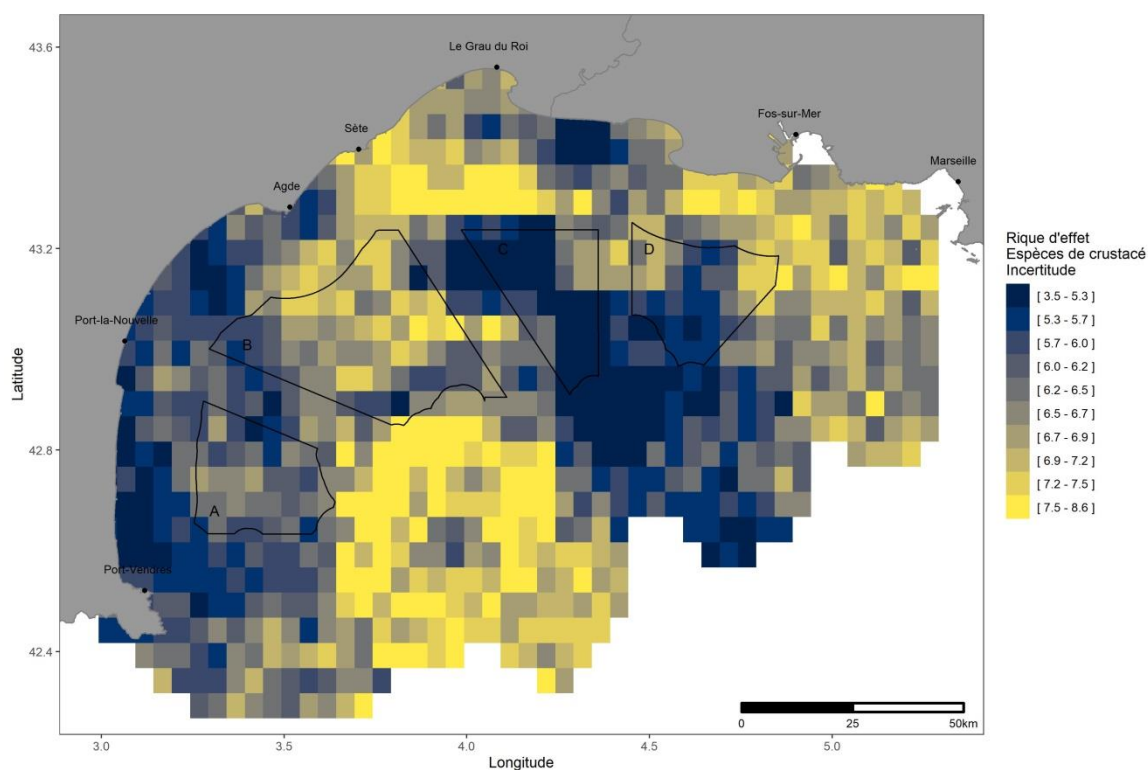


Figure 30 : Incertitude du risque d'effet des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Le risque d'effet des invertébrés benthiques vulnérables est plus fort (> 66) à l'ouest du Golfe du Lion, plus spécifiquement au large de Port-Vendres et dans la macrozone A (Figure 31). Il reste moyen à fort dans le sud des macrozones B à D et au large de Fos-sur-Mer et Marseille. Le risque d'effet est plus faible entre Agde et Fos-sur-Mer.

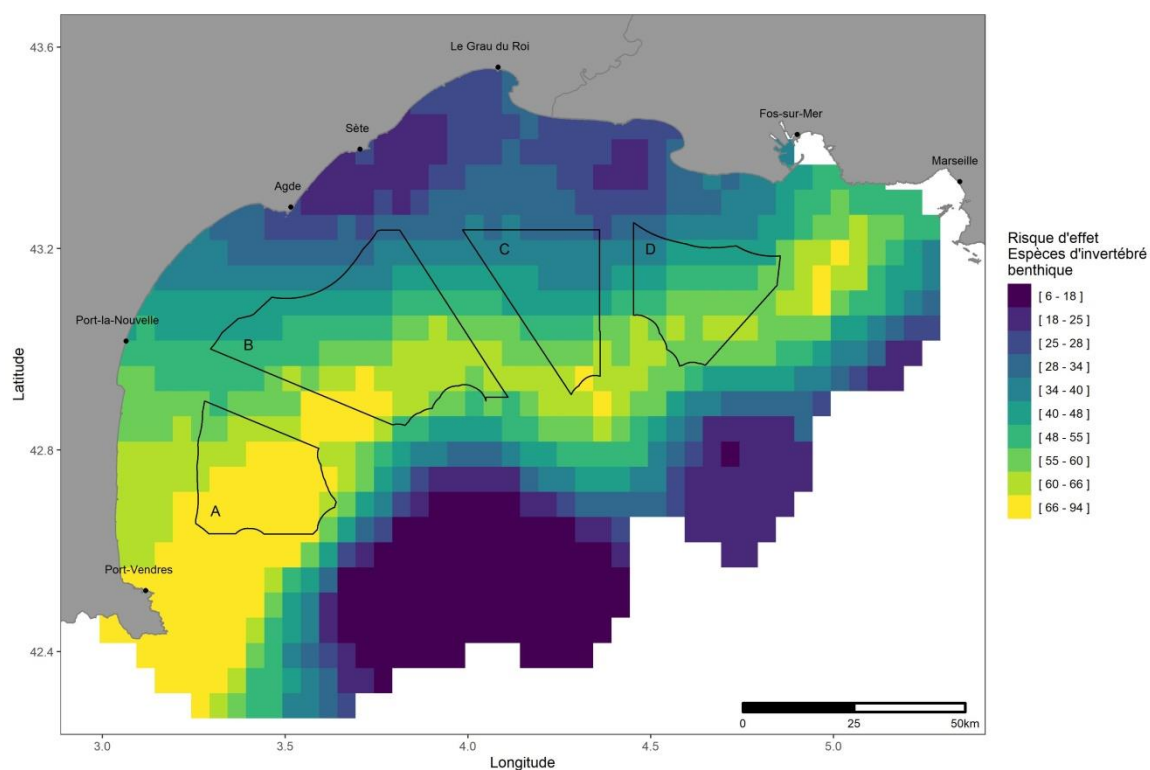


Figure 31 : Risque d'effet des espèces d'invertébré benthique sensible. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude du risque d'effet des invertébrés benthiques vulnérables est plus forte (> 15.2) dans le sud-ouest du Golfe du Lion, dans la macrozone A et à l'est du Golfe du Lion (Figure 32).

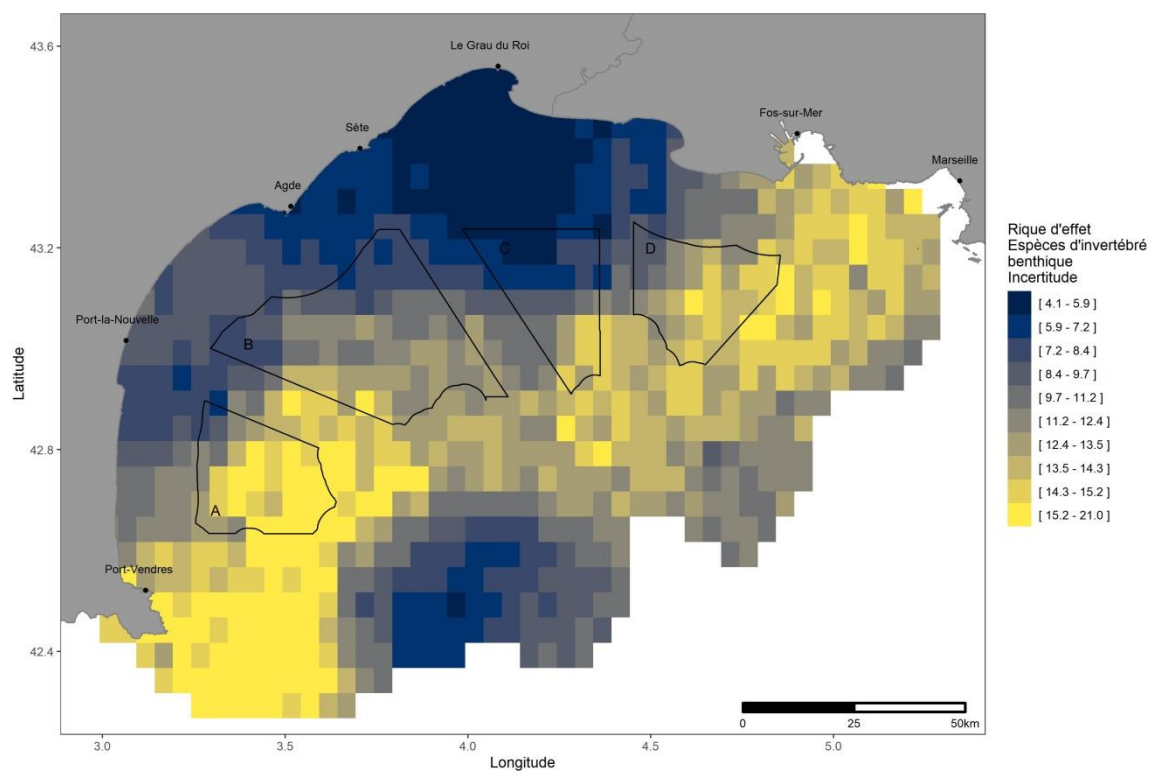


Figure 32 : Incertitude du risque d'effet des espèces d'invertébré benthique sensible. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

3.14 Richesse spécifique

La carte de richesse spécifique globale et les déclinaisons par fonction ou sous-groupe sont présentées ci-dessous. La richesse spécifique est très forte (> 47.5 espèces) à l'ouest du Golfe du Lion, plus précisément au large de Port-Vendres et dans les macrozones A et B, et également à l'est entre Fos-sur-Mer et Marseille (Figure 33). La richesse est moyenne à forte du littoral au milieu du Golfe du Lion. L'incertitude de la richesse spécifique est élevée (> 2.4) dans les macrozones B et C et dans la partie sud-ouest du Golfe (Figure 34) mais ne représente qu'une incertitude de 5% de la richesse spécifique.

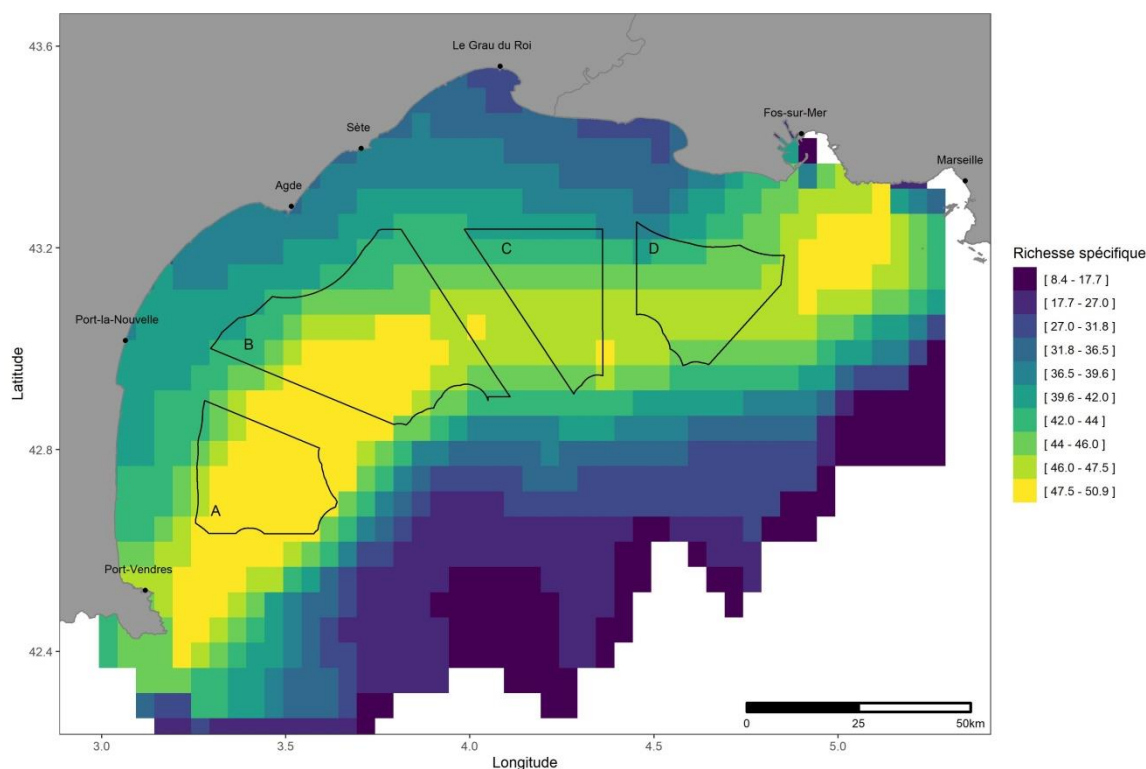


Figure 33 : Richesse spécifique globale. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

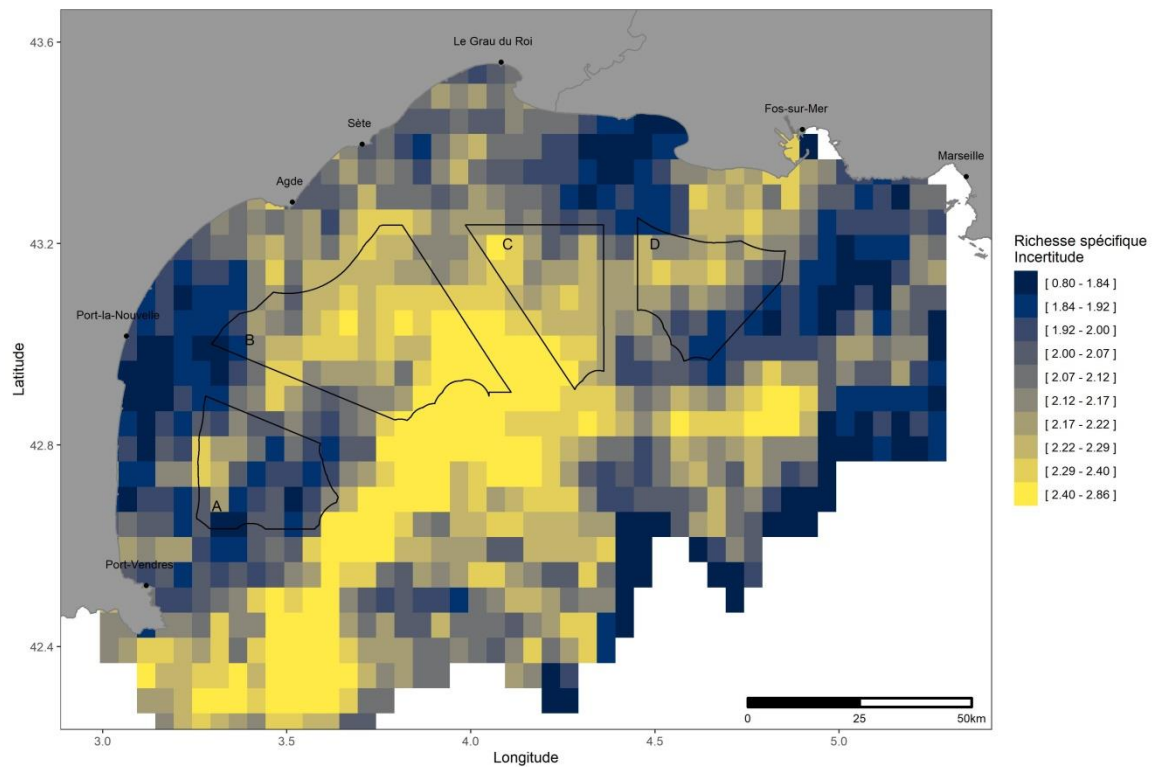


Figure 34 : Incertitude de la richesse spécifique globale. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

La richesse spécifique des espèces d'ichtyofaune aux stades juvéniles (*proxi* des zones de nurserie) est très forte (> 15.9 espèces) dans le sud de la macrozone A et au large de Port-Vendres, ainsi que dans l'est de la macrozone D et entre Fos-sur-Mer et Marseille (Figure 35). La diversité des espèces est de moyenne à forte dans les macrozones B et C.

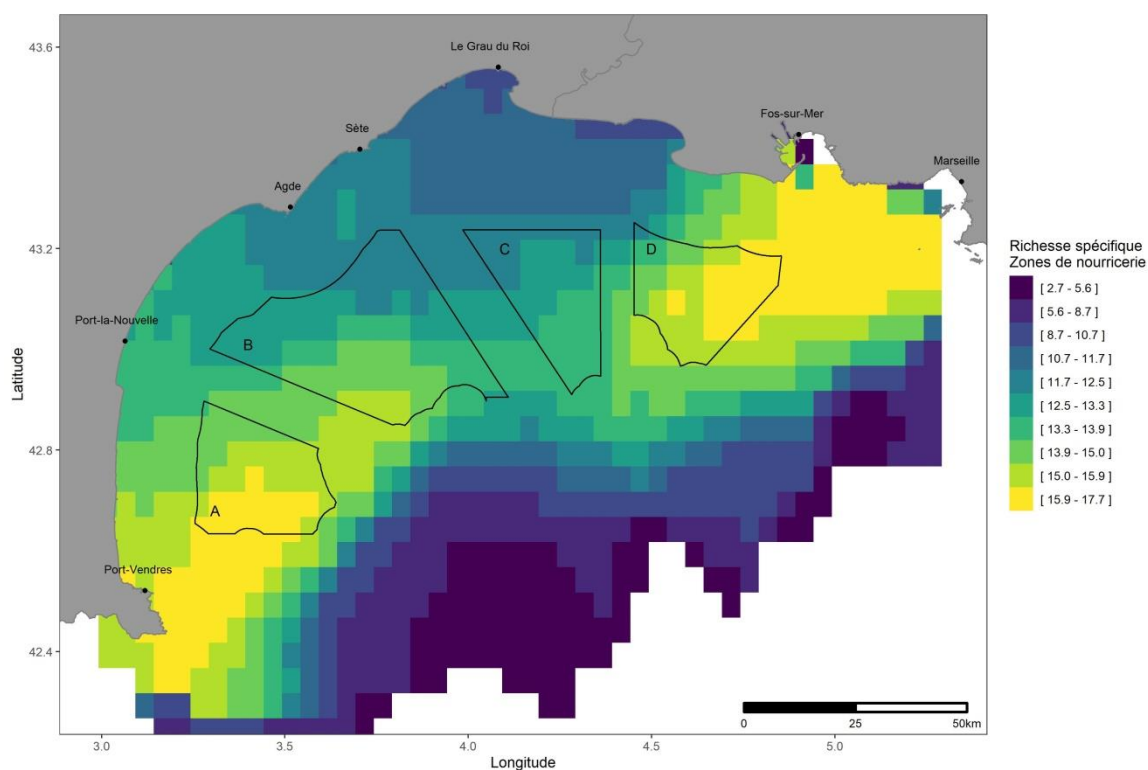


Figure 35 : Richesse spécifique des espèces en zones de nurserie. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude est plus élevée (> 1.58) dans le milieu du Golfe du Lion et plus au large (Figure 36) mais elle est plus faible près du littoral, surtout entre Port-la-Nouvelle et Fos-sur-Mer.

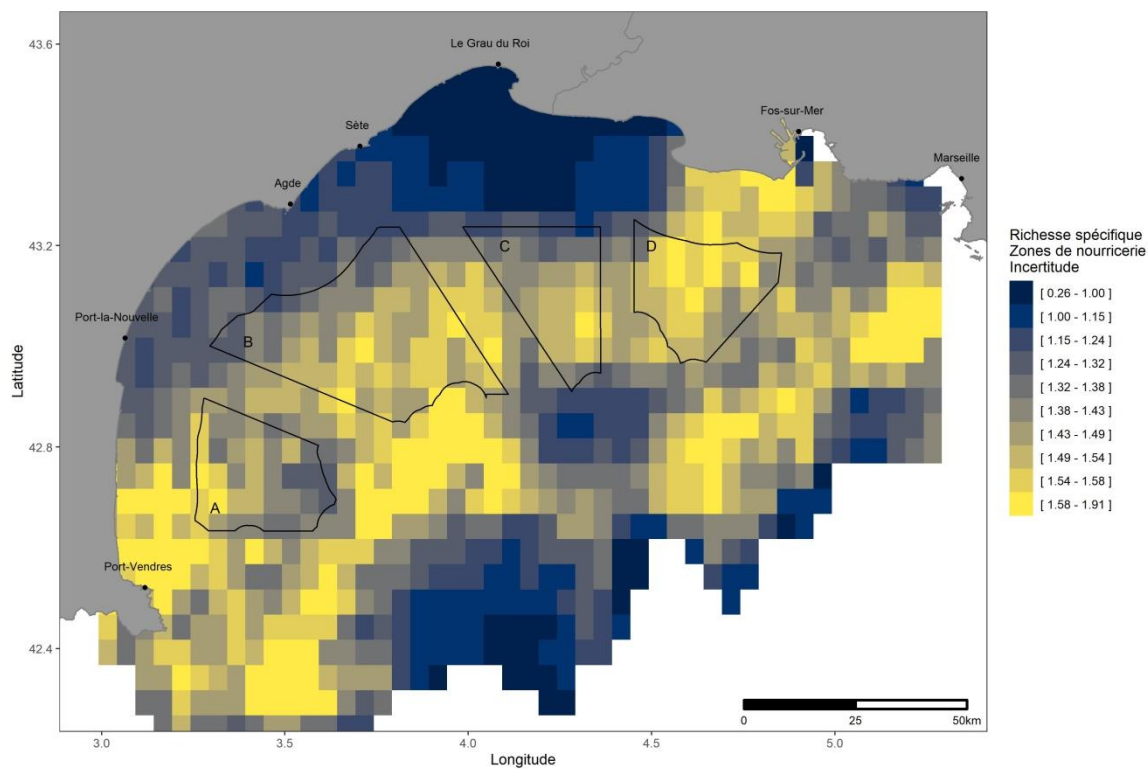


Figure 36 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces en zones de nurserie. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

La carte de richesse spécifique des adultes reproducteurs est semblable à celle des juvéniles. La diversité est très élevée (> 23.2) dans la macrozone A, au large de Port-Vendres et entre Fos-sur-Mer et Marseille (Figure 37). La richesse reste moyenne à élevée dans les autres macrozones. L'incertitude est plus élevée (> 1.60) dans le sud du Golfe du Lion, au sud des macrozones et au large de la ville d'Agde (Figure 38).

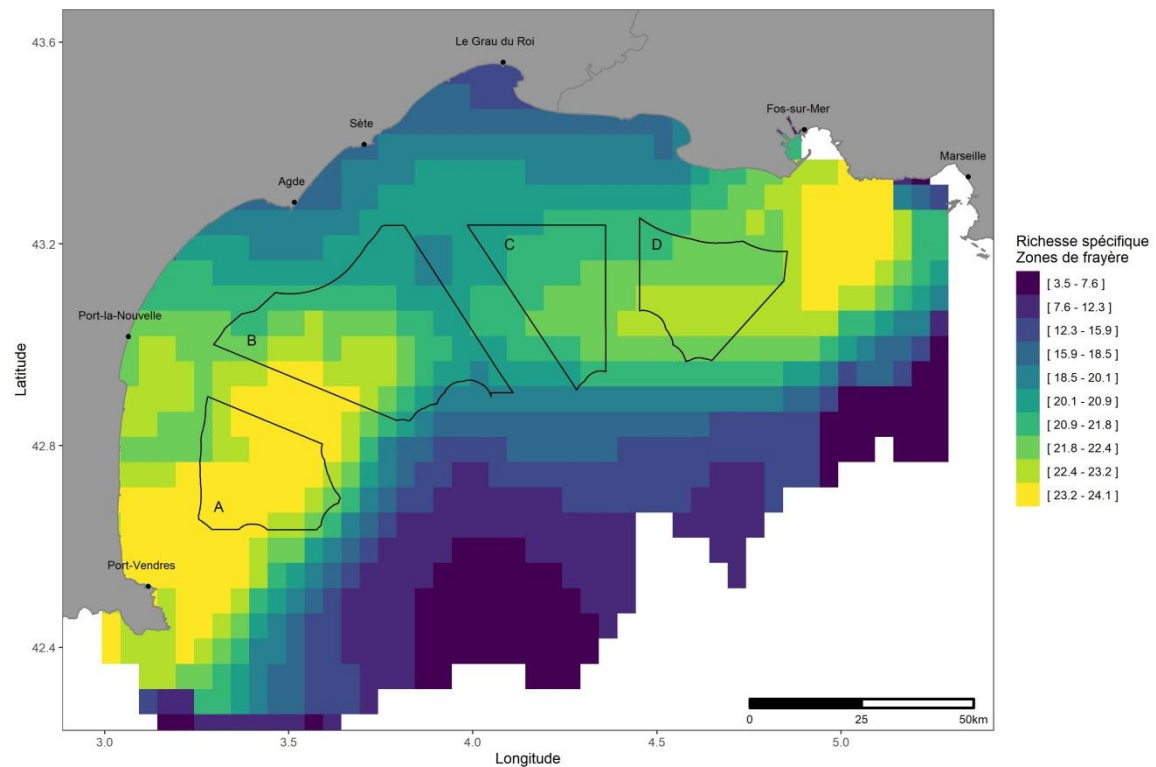


Figure 37 : Richesse spécifique des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

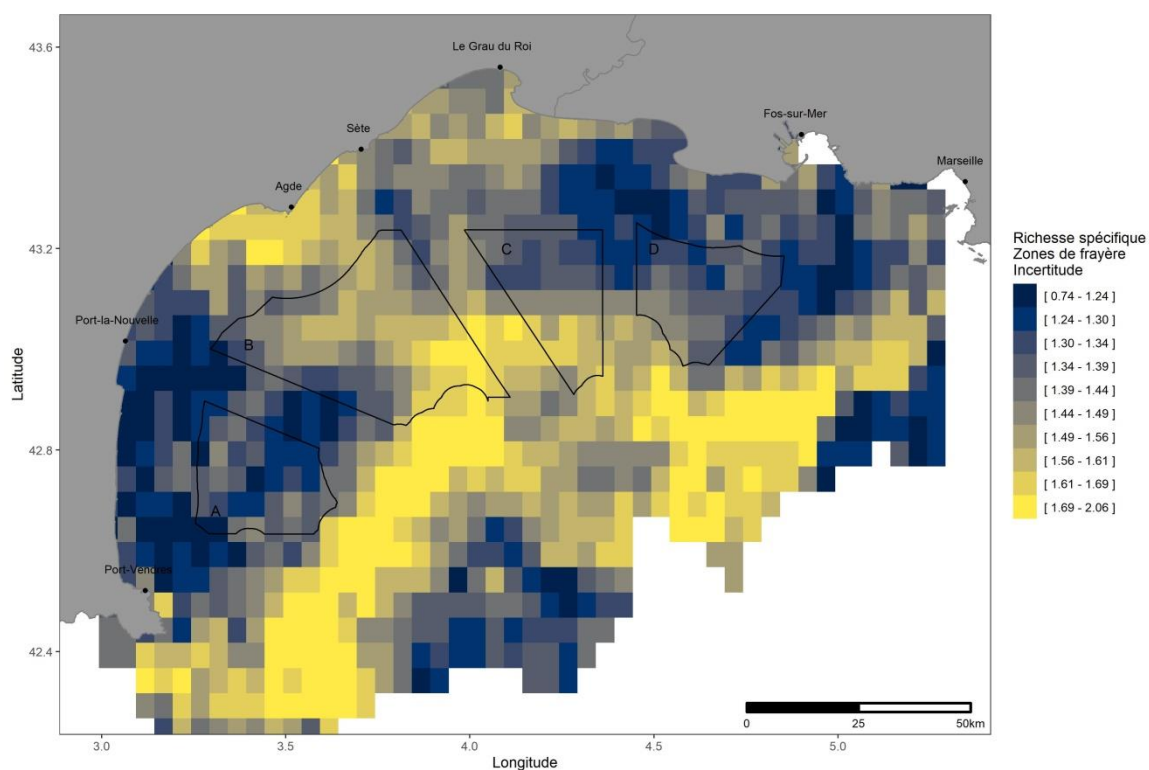


Figure 38 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

La richesse spécifique des adultes non reproducteurs de l'ichtyofaune est la plus élevée (> 8 espèces) à l'est dans la macrozone A et dans le sud des macrozones C et D (Figure 39). La diversité reste moyenne à élevée dans le reste des macrozones et à l'est du Golfe du Lion.

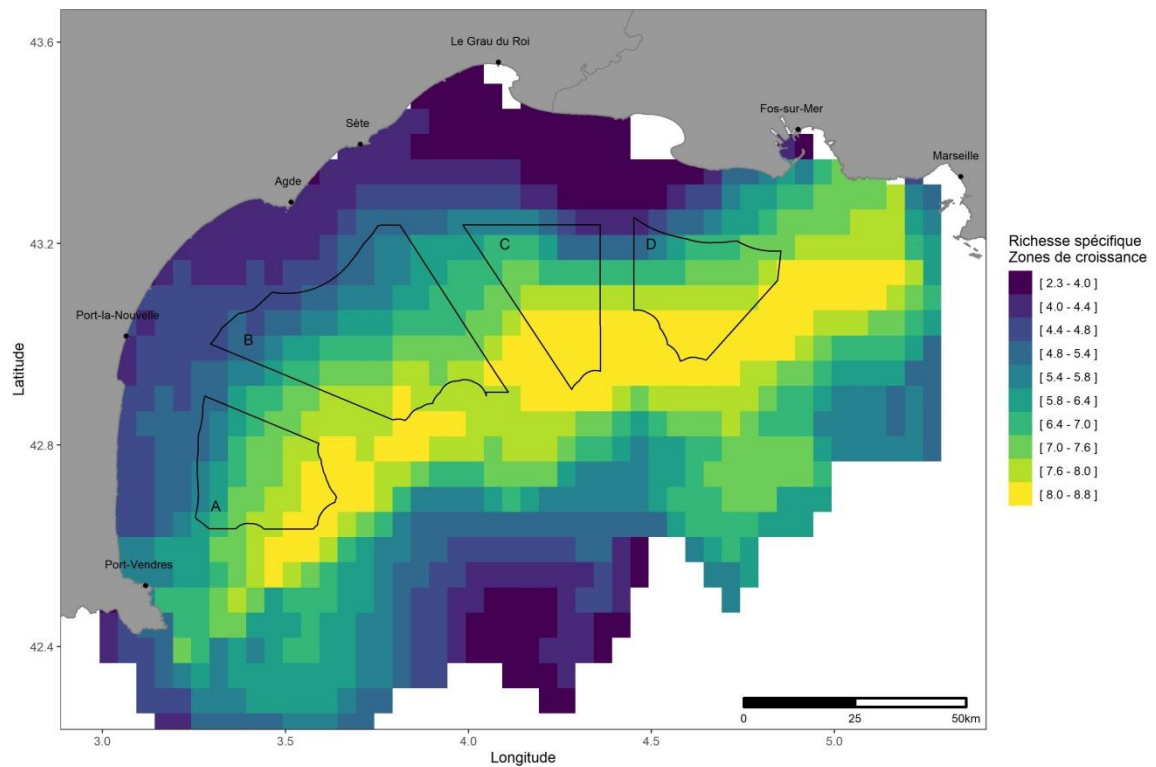


Figure 39 : Richesse spécifique des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude est plus élevée (> 1.28 espèce) dans les macrozones B et D, au large de Port-Vendres, de Fos-sur-Mer et de Marseille (Figure 40).

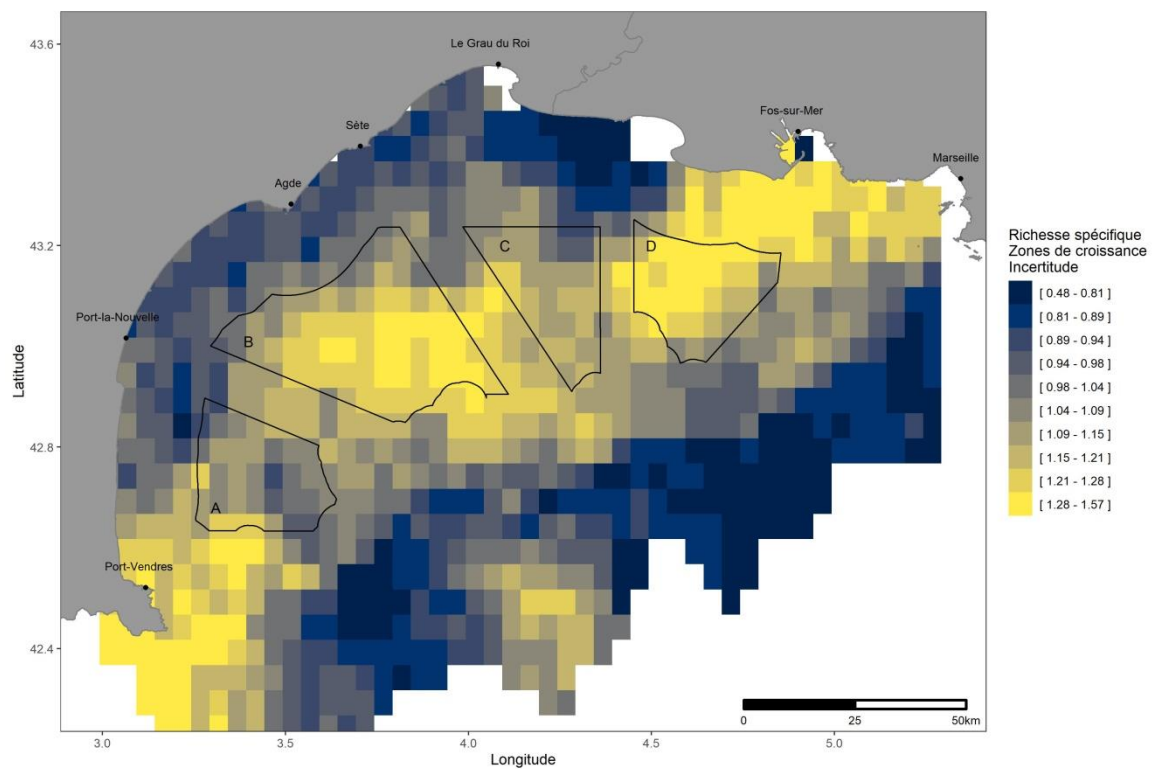


Figure 40 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

La richesse spécifique des espèces de mollusque est très élevée (> 7.8) dans les macrozones B et C (Figure 41). Elle reste moyennement élevée près du littoral et dans les macrozones A et D.

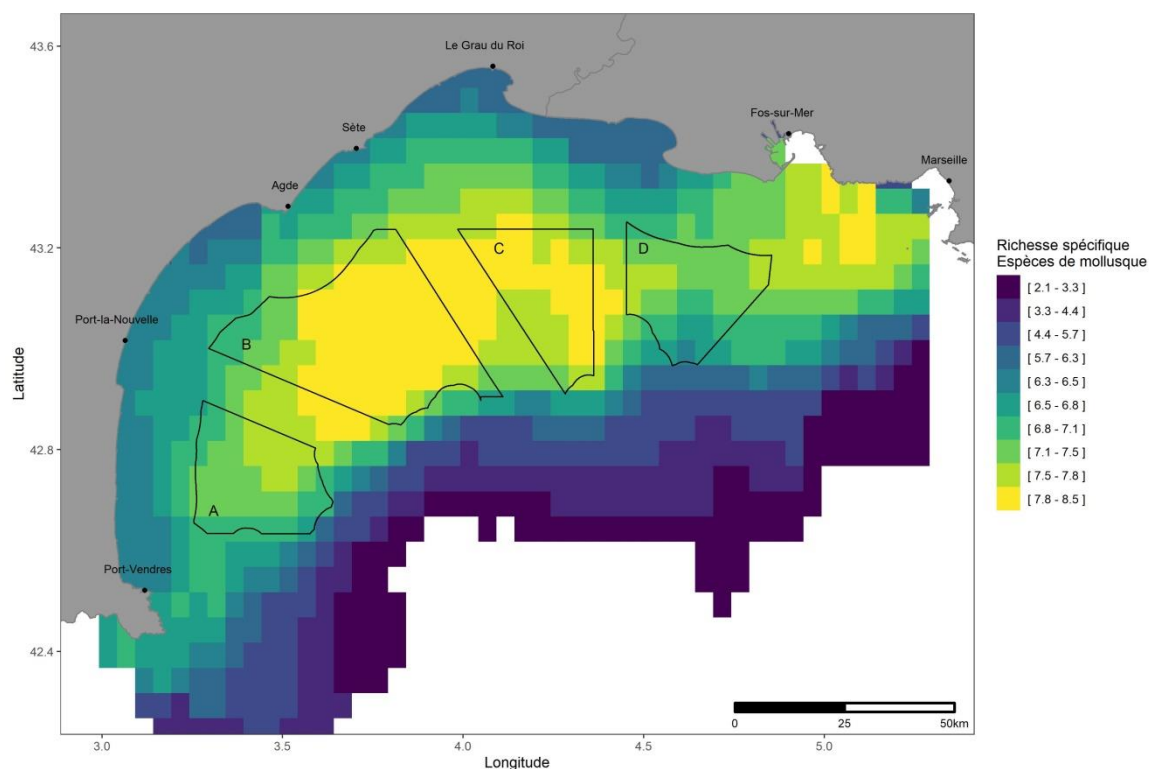


Figure 41 : Richesse spécifique des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

L'incertitude concernant la diversité des espèces de mollusque est élevée (> 1.11) dans les macrozones B et C et au sud de ces zones (Figure 42).

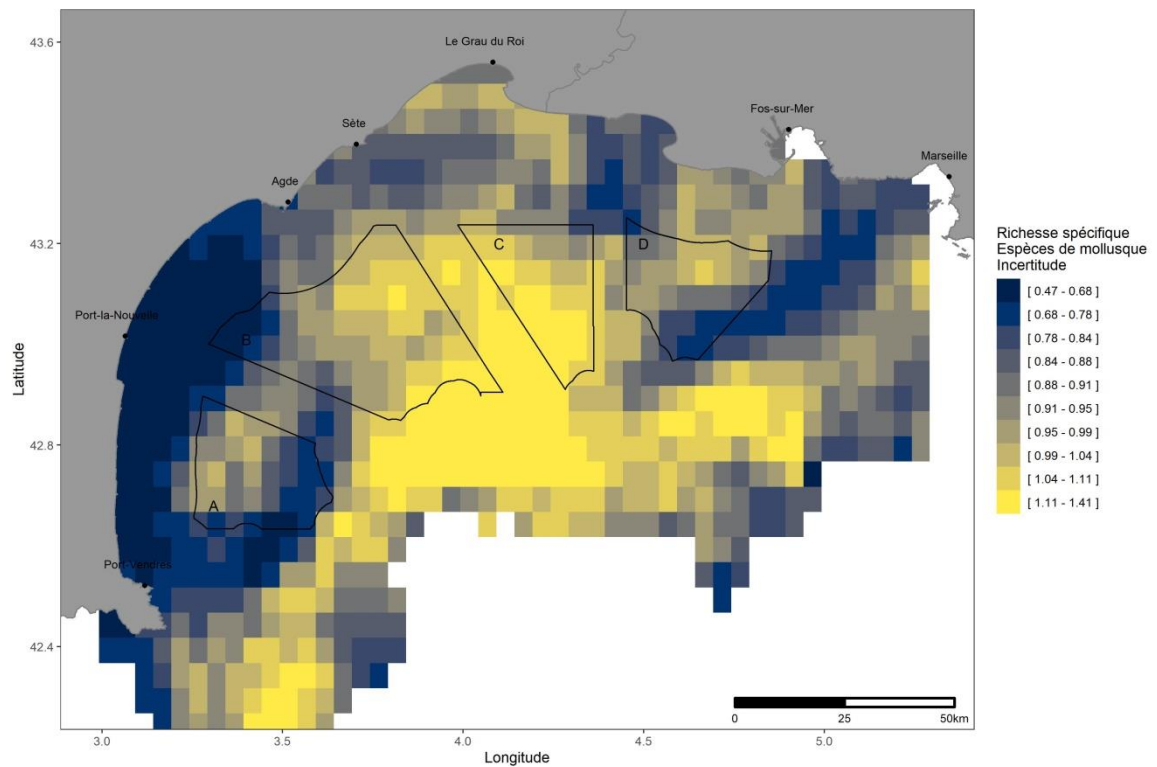


Figure 42 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

La diversité des espèces de crustacé est la plus élevée (> 1.94) au sud-est du Golfe du Lion et est nulle à moyenne dans les quatre macrozones (Figure 43). Le sud-ouest de la zone d'étude et la macrozone C sont les zones où l'incertitude est la plus élevée (Figure 44).

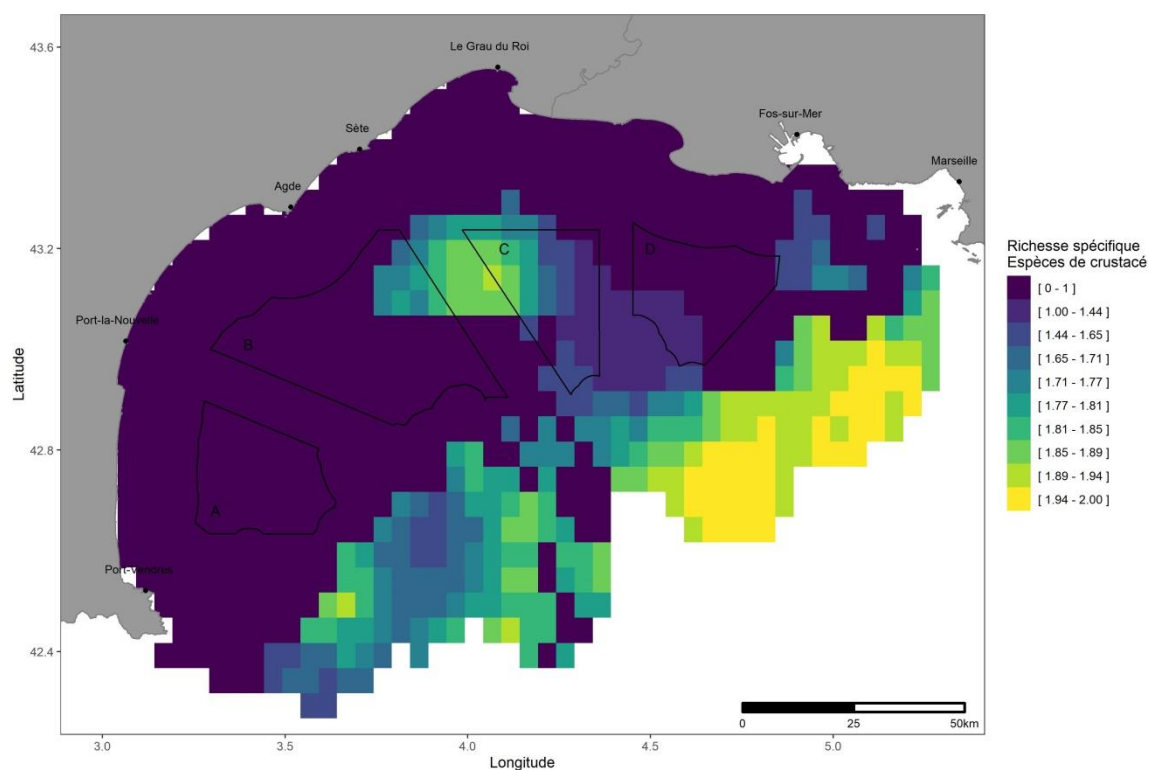


Figure 43 : Richesse spécifique des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

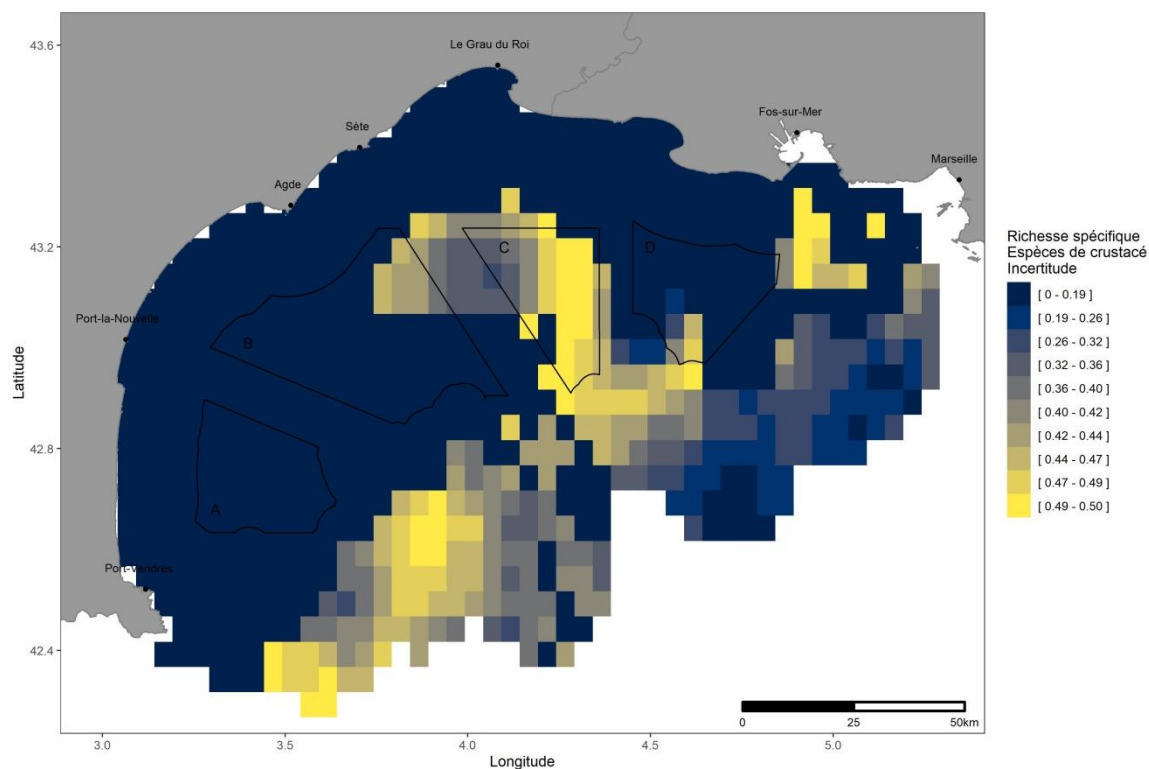


Figure 44 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

La richesse spécifique des invertébrés benthiques sensibles est la plus élevée (> 5.28) dans les macrozones A et B (Figure 45) avec une incertitude assez forte dans le sud du Golfe du Lion et dans la macrozone C (Figure 46).

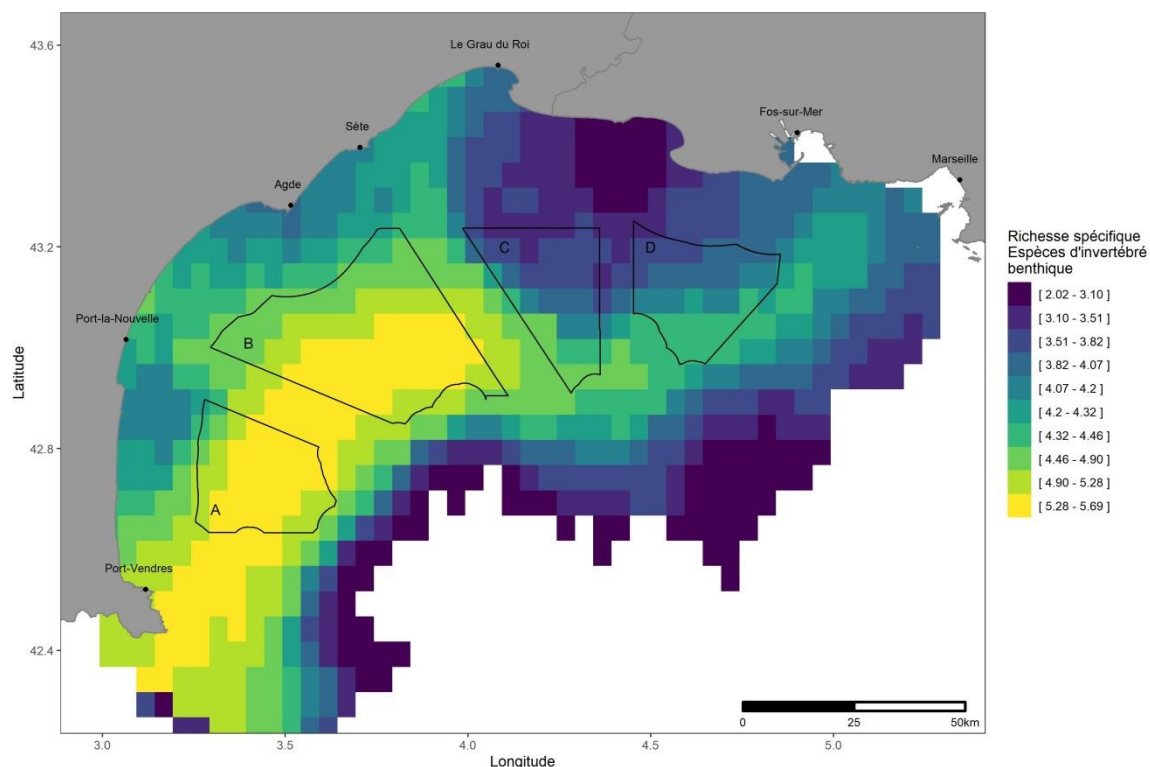


Figure 45 : Richesse spécifique des espèces d'invertébré benthique. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

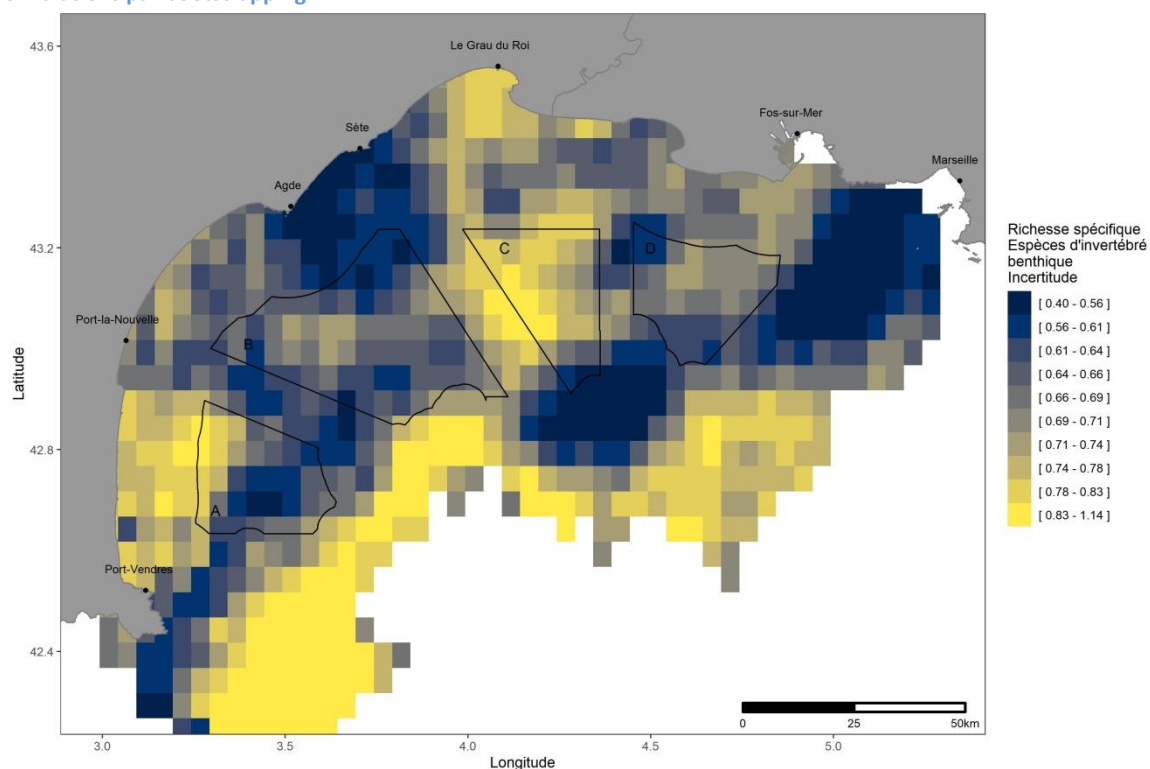


Figure 46 : Incertitude de la richesse spécifique des espèces d'invertébré benthique sensible. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

4 Conclusion

Dans le cadre du sixième appel d'offres (AO6) pour l'éolien en mer en France, à la demande de la DGEC, Ifremer a réalisé la présente étude visant à identifier les zones de moindre contrainte pour les espèces halieutiques (poissons, mollusques, crustacés) et certains invertébrés benthiques sensibles. L'objectif de cette étude était la caractérisation et la cartographie du risque associé à l'implantation d'un parc d'énergies marines renouvelables pour les espèces halieutiques, leurs habitats et leurs zones fonctionnelles dans le golfe du Lion. A la demande de la DGEC (MTES), la méthodologie utilisée a été adaptée à partir de la méthode proposée pour l'étude des compartiments granulats et avifaune au sud de la Bretagne (DGEC, 2020; OFB-GISOM, 2020) afin de maintenir une similitude de concepts et de terminologies entre les différents AO.

Cette étude a permis grâce à des jeux de données divers (campagnes scientifiques, données de pêche, statut des espèces et sensibilité à l'éolien flottant à dire d'experts) et récents (2015-2019) de spatialiser la présence et l'abondance des espèces d'intérêt halieutique et certaines espèces dites « sensibles » à l'implantation d'un parc éolien flottant. Les données issues des campagnes halieutiques de l'Ifremer ont permis de couvrir spatialement tout le Golfe du Lion et de réaliser des cartes de distribution interpolées pour un grand nombre d'espèces sur toute la zone d'étude. L'approche utilisée a permis de différencier les stades de vie pour un grand nombre d'espèces et de pouvoir identifier des *proxi* des zones de nourricerie et de frayère. Les données de pêche possédaient une meilleure couverture temporelle mais pour un plus petit nombre d'espèces et avec un échantillonnage effectué plus près du littoral. L'ensemble de ces données ont été utilisées pour le calcul du risque d'effet qui a pu être décliné par sous-groupes (mollusques, crustacés, invertébrés benthiques vulnérables) et par fonction pour l'ichtyofaune (zones de frayère, croissance ou nourricerie).

En complément, des cartes de la richesse spécifique et de la répartition de l'incertitude ont également été produites. L'utilisation de la technique du bootstrapping dans l'analyse a permis de prendre en compte l'incertitude des données d'entrées ainsi que tout le processus de propagation de cette incertitude dans les différentes étapes de calcul. Le résultat de cette approche a permis de produire des cartes d'incertitude par groupe d'espèces, par sous-groupe et globale illustrant les zones où la connaissance est moindre et où la variabilité naturelle est importante.

Le risque d'effet global (toutes espèces confondues) semblait plus élevé dans la macrozone A, à l'ouest de la macrozone B ; et dans la partie nord de la macrozone C. L'incertitude était cependant plus élevée dans les macrozones B et C. La richesse spécifique globale était également plus élevée dans les macrozones A et B avec là encore une incertitude accrue pour les macrozones B et C. Ces résultats globaux sont cependant à nuancer car les répartitions du risque d'effet ou de la richesse spécifique étaient très contrastées suivant le sous-groupe considéré. L'ensemble des résultats obtenus ont été transmis à la DGEC du MTES de façon à participer à l'étude bibliographique présentant les connaissances scientifiques actuelles des différents compartiments biologiques marins (habitats benthiques, avifaune, mégafaune marine, espèces halieutiques) dans les zones potentielles d'implantation des EMR dans le golfe du Lion.

Toutes les cartes du projet ont été archivées dans Sextant¹ où un catalogue « Eolien en mer » a été créé pour facilement retrouver les cartes propres au projet² et les rendre accessibles au plus grand nombre.

¹ <https://sextant.ifremer.fr/Donnees/Catalogue#/search?from=1&to=30>

² https://www.ifremer.fr/sextant_doc/pages/eolien_en_mer.html#/search?from=1&to=30

Bibliographie

- Abaunza, P., Gordo, L., Karlou-Riga, C., Murta, A., Eltink, A., Garcia Santamaria, M., Zimmermann, C., Hammer, C., Lucio, P., Iversen, S. a, Molloy, J., & Gallo, E. (2003). Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (carangidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13, 27–61.
- Arculeo, M., Cannizzaro, L., Lo Brutto, S., & Vitale, S. (2014). Growth and reproduction of the deep-water rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapoda, Penaeidae), in the Southern Tyrrhenian Sea. *Crustaceana*, 87(10), 1168–1184. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003334>
- Bergström, L., Kautsky, L., Malm, T., Ohlsson, H., Wahlberg, M., Rosenberg, R., & Capetillo, N. Å. (2012). *The effects of wind power on marine life. A synthesis. Swedish Environmental Protection Agency Report 6512.*
- BOURDEIX, J.-H., & HATTAB, T. (1985). *PELMED - PELAGIQUES MEDITERRANÉE.* <https://doi.org/https://doi.org/10.18142/19>
- Busalacchi, B., Bottari, T., Giordano, D., Profeta, A., & Rinelli, P. (2014). Distribution and biological features of the common pandora, *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758), in the southern Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean). *Helgoland Marine Research*, 68(4), 491–501. <https://doi.org/10.1007/s10152-014-0404-5>
- Campillo, A. (1992). Les pêcheries françaises de Méditerranée. Synthèse des connaissances. In *Ifremer: Vol. Contrat CE.*
- Capapé, C., Reynaud, C., Vergne, Y., & Quignard, J. P. (2008). Biological observations on the smallspotted catshark *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) off the Languedocian coast (Southern France, northern Mediterranean). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(3), 282–289.
- Carlier, A., Vogel, C., & Alemany, J. (2019). *Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins : phases de travaux et d'exploitation. Rapport Ifremer.*
- CGPM. (2017). *Report of the first meeting of the Working Group on Vulnerable Marine Ecosystems (WGVME).* (Issue April).
- Cikeš Keč, V., & Zorica, B. (2012). The reproductive traits of *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) in the Eastern Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(1), 15–21. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01893.x>
- Colmenero, A. I., Tuset, V. M., Recasens, L., & Sánchez, P. (2013). Reproductive biology of Black Anglerfish (*Lophius budegassa*) in the northwestern Mediterranean Sea. *Fishery Bulletin*, 111(4), 390–401. <https://doi.org/10.7755/FB.111.4.8>
- Colmenero, A. I., Tuset, V. M., & Sánchez, P. (2017). Reproductive strategy of white anglerfish (*Lophius piscatorius*) in mediterranean waters: Implications for management. *Fishery Bulletin*, 115(1), 60–73. <https://doi.org/10.7755/FB.115.1.6>
- Consalvo, I., Scacco, U., Romanelli, M., & Vacchi, M. (2007). Comparative study on the reproductive biology of *Torpedo torpedo* (Linnaeus, 1758) and *T. marmorata* (Risso, 1810) in the central Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 71(2), 213–222. <https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n2213>
- DGEC. (2020). *Projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne (AO5). Analyse bibliographique environnementale.*
- DIRM Méditerranée. (2018). *Le développement de l'éolien flottant en Méditerranée.* http://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/piece_3b_-_document_de_planification_eolien_flottant.pdf
- Donnalioia, M., Gaudio, P., Bitetto, I., Casciaro, L., Zupa, W., Intini, S., & Spedicato, M. T. (2010). Sexual maturity of the horned octopus *Eledone Cirrhosa* (Lamarck, 1798). *Biologia Marina Mediterranea*,

- 17(1), 336–337.
- FAO. (2017). *Poster - Deep Sea Corals of the Mediterranean Sea*. (Issue May).
- Follesa, M., & Carbonara, P. (2019). Atlas on the maturity stage of Mediterranean fisheries resources. In *Studies and Reviews* (Vol. 99). <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules>
- Freeman, E. A., & Moisen, G. (2008). PresenceAbsence: An R Package for Presence-Absence Model Analysis. *Journal of Statistical Software*, 23(11), 1–31. <https://doi.org/10.18637/jss.v023.i11>
- Garcia-Rodriguez, M., & Esteban, A. (2000). Contribution to the knowledge of *Citharus linguatula* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes: Heterosomata) in the Iberian Mediterranean. *Demersal Resources in the Mediterranean*, 26, 131–140.
- González, M., Barcala, E., Pérez-Gil, J. L., Carrasco, M. N., & García-Martínez, M. C. (2011). Fisheries and reproductive biology of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) in the Gulf of Alicante (Northwestern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, 12(2), 369–389. <https://doi.org/10.12681/mms.38>
- International bottom trawl survey in the Mediterranean. Instruction manual. Version 9.* (2017).
- Jadaud, A. (1994). *MEDITS*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18142/7>
- Jadaud, A., Billet, N., Guijarro, B., Certain, G., & Massutí, E. (2018). *Stock Assessment Form Demersal species. Red mullet. GSA7*.
- Jadaud, A., Guijarro, B., Certain, G., & Massuti, E. (2018). *Stock Assessment Form Demersal Species. Hake. GSA 7*.
- Krstulović-Šifner, S., & Vrgoč, N. (2009). Reproductive cycle and sexual maturation of the musky octopus *Eledone moschata* (Cephalopoda: Octopodidae) in the northern and central Adriatic Sea. *Scientia Marina*, 73(3), 439–447. <https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n3439>
- Ligas, A., Massaro, A., Musumeci, C., Rossetti, I., Sartor, P., Sbrana, M., Viva, C., Mannini, A., & Lanteri, L. (2017). *Stock Assessment Form Demersal species. Giant red shrimp. GSA9*.
- Mathieu, D., Jacques, M., & Pierre, P. (2010). *Pelagic fish stock assessment by acoustic methods at Ifremer*. (Issue June). <https://doi.org/https://doi.org/10.13155/11446>
- MEDIAS. (2019). *Report of 12th meeting for MEDiterranean International Acoustic Surveys (MEDIAS). Steering Committee Report, Athens, Greece*. (Issue April).
- Mir-Arguimbau, J., Balcells, M., Raventós, N., Martín, P., & Sabatés, A. (2020). Growth, reproduction and their interplay in blue whiting (<i>Micromesistius poutassou</i>, Risso, 1827) from the NW Mediterranean. *Fisheries Research*, 227, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105540>
- Morandi, A., Berkman, S., Rowe, J., Balouskus, R., Etkin, D., Moelter, C., & Reich, D. (2018). *Environmental sensitivity and associated risk to habitats and species offshore central california anf hawaii with offshore floating wind technologies. Volume 2: Final report appendices. US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Pac* (Issue 031).
- Mytilineou, C., Tsagarakis, K., Bekas, P., Anastasopoulou, A., Kavadas, S., Machias, A., Haralabous, J., Smith, C. J., Petrakis, G., Dokos, J., & Kapandagakis, A. (2013). Spatial distribution and life-history aspects of blackspot seabream *Pagellus bogaraveo* (Osteichthyes: Sparidae). *Journal of Fish Biology*, 83(6), 1551–1575. <https://doi.org/10.1111/jfb.12271>
- OFB-GISOM. (2020). *Identification et priorisation de la responsabilité de chaque sous-région marine pour les enjeux ornithologiques*.
- Orsi Relini, L., Mannini, A., Fiorentino, F., Palandri, G., & Relini, G. (2006). Biology and fishery of *Eledone cirrhosa* in the Ligurian Sea. *Fisheries Research*, 78(1), 72–88. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.12.008>

- Porcu, C., Bellodi, A., Cau, A., Cannas, R., Marongiu, M. F., Mulas, A., & Follesa, M. C. (2020). Uncommon biological patterns of a little known endemic Mediterranean skate, *Raja polystigma* (Risso, 1810). *Regional Studies in Marine Science*, 34, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101065>
- Porcu, C., Marongiu, M. F., Follesa, M. C., Bellodi, A., Mulas, A., Pesci, P., & Cau, A. (2014). Reproductive aspects of the velvet belly Etmopterus spinax (Chondrichthyes: Etmopteridae), from the central western Mediterranean Sea. Notes on gametogenesis and oviducal gland microstructure. *Mediterranean Marine Science*, 15(2), 313–326. <https://doi.org/10.12681/mms.559>
- Quetglas, A., Alemany, F., Carbonell, A., Merella, P., & Sánchez, P. (1998). Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). *Fisheries Research*, 36(2–3), 237–249. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(98\)00093-9](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(98)00093-9)
- Roos, D. (2012). *Etat biologique. Caractéristiques biologiques - biocénose. Populations ichthyologiques de grands pélagiques. Méditerranée occidentale.*
- Rotllant, G., Moranta, J., Massutí, E., Sardà, F., & Morales-Nin, B. (2002). Reproductive biology of three gadiform fish species through the Mediterranean deep-sea range (147–1850 m)*. *Scientia Marina*, 66(2), 157–166. <https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66n2157>
- Saraux, C., Hattab, T., & Bourdeix, J.-H. (2018a). *Stock Assessment Form Small Pelagics. Anchovy. GSA7.*
- Saraux, C., Hattab, T., & Bourdeix, J.-H. (2018b). *Stock Assessment Form Small Pelagics. Sardine. GSA7.*
- Serrat, A., Lloret, J., Frigola-Tepe, X., & Muñoz, M. (2019). Trade-offs between life-history traits in a coldwater fish in the Mediterranean Sea: the case of blue whiting *Micromesistius poutassou*. *Journal of Fish Biology*, 95(2), 428–443. <https://doi.org/10.1111/jfb.13993>
- Team, R. C. (2020). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.* <https://www.r-project.org/>
- Vassilopoulou, V., & Ondrias, I. (1999). Age and growth of the four-spotted megrim (*Lepidorhombus boscii*) in eastern Mediterranean waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 79(1), 171–178. <https://doi.org/10.1017/S0025315498000198>
- Velasco, E. M., Jiménez-Tenorio, N., Del Arbol, J., Bruzón, M. A., Baro, J., & Sobrino, I. (2011). Age, growth and reproduction of the axillary seabream, *Pagellus acarne*, in the Atlantic and Mediterranean waters off southern Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(6), 1243–1253. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000305>
- WWF. (2014). Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea. A literature overview. In *WWF - Norway*.

Annexes

Tableau A 1 : Liste des espèces de la campagne MEDITS avec une occurrence minimum supérieure ou égale à 20% entre 1994 et 2019. *Espèces non retenues dans l'étude.

Abréviation	Espèce	Nom commun	Catégorie	Occurrence % minium
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	Main de mer	Invertébré benthique	70
ARNOLAT	<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	Gambon rouge	Ichthyofaune	41
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>	Dragonnet tacheté	Ichthyofaune	28
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>	Sanglier	Ichthyofaune	30
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>	Cépole commune	Ichthyofaune	50
CITHMAC	<i>Chimaera monstrosa</i>	Chimère commune	Ichthyofaune	26
CONGCON	<i>Conger conger</i>	Congre commun	Ichthyofaune	44
ELED CIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Pieuvre blanche	Mollusque	64
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grondin gris	Ichthyofaune	67
FUNIQUE	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Anthozoaie	Invertébré benthique	27
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus bosci</i>	Cardine à quatre tâches	Ichthyofaune	32
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	Cavillone commun	Ichthyofaune	43
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Baudroie rousse	Ichthyofaune	34
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie commune	Ichthyofaune	24
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	Hydraire plume de faisan	Invertébré benthique	21
MACRTEN*	<i>Macropodia tenuirostris</i>	Macropode à rostre ténu	Crustacé	38
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	Ichthyofaune	88
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase	Ichthyofaune	32
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	Mollusque	21
PAGUEXC*	<i>Pagurus excavatus</i>	Pagure à pince excavée	Crustacé	24
SCYOCAN	<i>Scyllorhinus canicula</i>	Petite roussette	Ichthyofaune	33
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>	Seiche	Mollusque	20
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>	Serran-hépaté	Ichthyofaune	60
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard d'Europe	Ichthyofaune	66
TRISCAP	<i>Trisopterus capelanus</i>	Capelan de méditerranée	Ichthyofaune	77
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	Vérétille verge de chien	Invertébré benthique	21

Tableau A 2 : Liste des espèces de la campagne MEDITS avec une occurrence moyenne supérieure ou égale à 20% entre 1994 et 2019. *Espèces non retenues dans l'étude.

Abréviation	Espèce	Nom commun	Catégorie	Occurrence moyenne (%)
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>	Casseron bambou	Mollusque	42
ALLOSPP	<i>Alloteuthis spp.</i>	Casseron non identifié	Mollusque	29
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	Motelle mouchetée	Ichthyofaune	20
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>	Petite argentine	Ichthyofaune	35
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin pin	Ichthyofaune	27
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie ocellée	Ichthyofaune	20
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Bogue	Ichthyofaune	53
ELED MOS	<i>Eledone moschata</i>	Elédone musquée	Mollusque	30
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>	Gobie à grandes	Ichthyofaune	53
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>	Gobie noir	Ichthyofaune	30
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	Gobie à quatre tâches	Ichthyofaune	30
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Encornet	Mollusque	46
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>	Comatule non identifié	Invertébré benthique	23
MCPIDEP*	<i>Liocarcinus depurator</i>	Etrille à pattes bleues	Crustacé	23
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Merlan bleu	Ichthyofaune	26
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>	Sole-perdrix commune	Ichthyofaune	24
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Langoustine comune	Crustacé	22
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarné	Ichthyofaune	24
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Pageot rose	Ichthyofaune	21
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	Ichthyofaune	30
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Crevette rose	Crustacé	21
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Phycis de fond	Ichthyofaune	35
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	Pennatule grise	Invertébré benthique	24
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau	Ichthyofaune	34
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>	Seiche rose	Mollusque	24
SEPOSPP	<i>Sepiola spp.</i>	Seiche non identifiée	Mollusque	36
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chèvre	Ichthyofaune	27
SOLOMEM*	<i>Solenocera membranacea</i>	Salicoque des vases	Crustacé	22
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>	Toutenon souffleur	Mollusque	20
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard	Ichthyofaune	44
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>	Grande vive	Ichthyofaune	20
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>	Grondin lyre	Ichthyofaune	29
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre	Ichthyofaune	22

Tableau A 3 : Liste des espèces représentant 80% des débarquements annuels entre 2015 et 2019 en excluant les grands poissons pélagiques non pris en compte dans cette étude.

Abréviation	Espèce	Nom commun	Catégorie	Espèce sélectionnée dans MEDITS ou PELMED	Commentaire
ANGUANG	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille commune	Ichthyofaune	Non	Pas de données
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin pin	Ichthyofaune	Oui	
DICELAB	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun	Ichthyofaune	Non	Pas de données
DIPLSP	<i>Diplodus sp</i>	Sar non identifié	Ichthyofaune	Non	Agrégation d'espèces Carte non interpolée
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Pieuvre blanche	Mollusque	Oui	
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois commun	Ichthyofaune	Oui	
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Baudroie rousse	Ichthyofaune	Oui	
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	Ichthyofaune	Oui	
MUGLDAE	<i>Mugilidae</i>	Mugiliformes	Ichthyofaune	Non	Agrégation d'espèces Carte non interpolée
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase	Ichthyofaune	Oui	
OCTOPOD	<i>Octopodidae</i>	Octopodidés	Ichthyofaune	Oui	Espèces de la famille déjà sélectionnées
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	Mollusque	Oui	
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarné	Ichthyofaune	Oui	
SARDSAR	<i>Sarda sarda</i>	Bonite à dos rayé	Ichthyofaune	Non	Pas de données
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	Ichthyofaune	Oui	
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau espagnol atlantique	Ichthyofaune	Oui	
SCOMSP	<i>Scomber spp</i>	Maquereau indéterminé	Ichthyofaune	Non	Utilisation de SCOMPNE Scomber colias Carte non interpolée
SEPIOFF	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	Mollusque	Non	Présente dans MEDITS Carte non interpolée
SPARAUR	<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	Ichthyofaune	Non	Présente dans MEDITS Carte non interpolée
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard méditerranéen	Ichthyofaune	Oui	
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard d'Europe	Ichthyofaune	Oui	
TRISCAP	<i>Trisopterus capellanus</i>	Capelan de méditerranée	Ichthyofaune	Oui	

Tableau A 4 : Liste des espèces benthiques identifiées comme vulnérables par la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM).

Abréviation	Espèce	Nom commun	Catégorie	Cartographie	Données utilisées
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>	Main de mer	Invertébré benthique	Annuelle	Densité
FUNQUA	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Anthozoaire	Invertébré benthique	Annuelle	Biomasse
ISIDEL	<i>Isidella elongata</i>	Corail bambou	Invertébré benthique	Densité sans interpolation	Biomasse
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>	Comatule non identifié	Invertébré benthique	Multiannuelle	Densité
LYTOMY	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>	Hydraire plume de faisan	Invertébré benthique	Annuelle	Biomasse
NEOPCOC	<i>Neopycnodonte cochle</i>	Pycnodonte-cuillère	Crustacé	Densité sans interpolation	Densité
PENNPFO	<i>Pennatula phosphorea</i>	Pennatule phosphorescente	Invertébré benthique	Densité sans interpolation	Biomasse
PENNRUB	<i>Pennatula rubra</i>	Pennatule rouge	Invertébré benthique	Densité sans interpolation	Biomasse
PINNPEC	<i>Atrina pectinata</i>	Jambonneau pectine	Crustacé	Densité sans interpolation	Densité
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>	Pennatule grise	Invertébré benthique	Multiannuelle	Densité
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>	Vérétille verge de chien	Invertébré benthique	Annuelle	Densité

Tableau A 5 : Taille à maturité et période de reproduction pour chaque espèce (+sources).

Abréviation	Espèce	Nom commun	Distinction de la taille	Taille mesurée à partir de	Maturité récoltée	Taille (cm)	Source Taille	Période de reproduction	Source Période de reproduction
ARISFOL	<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	Gambon rouge	Oui	1994	Oui	3.2	Evaluation des stocks (Ligas et al., 2017)	Printemps, automne	http://www.faomedsudmed.org/html/species/Aristaeomorpha%20foliacea.html
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Grondin pin	Oui	1998	Non	18.0	(Campillo, 1992)	Janvier à juillet	http://www.guidedesespeces.org/fr/grondin
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Bogue	Oui	2006	Non	13.0	(Campillo, 1992)	Fin mars, début juin	(Campillo, 1992)
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Feuille	Oui	1994	Non	10.5	(Garcia-Rodriguez & Esteban, 2000)	Printemps, été	(Garcia-Rodriguez & Esteban, 2000)
ELEDCIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Pieuvre blanche	Oui	1994	Non	9.0	(Donnaloia et al., 2010)	Printemps, été	(Orsi Relini et al., 2006)
ELEDMOS	<i>Eledone moschata</i>	Elédone musquée	Oui	1997	Non	9.0	(Krstulović-Šifner & Vrgoč, 2009)	Hiver, printemps	(Campillo, 1992)
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois commun	Oui		Non	8.5	Evaluation des stocks (Saraux et al., 2018a)	Printemps, été	Evaluation des stocks (Saraux et al., 2018a)
ETMOSPI	<i>Etmopterus spinax</i>	Sagre commun	Oui	2012	Oui	41.0	Données MEDITS	Toute l'année	(Porcu et al., 2014)
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grondin gris	Oui	1994	Non	21.0	(Campillo, 1992)	Février à août	(Campillo, 1992)
GALUMEL	<i>Galeus melastomus</i>	Chien espagnol	Oui	1999	Oui	46.7	Données MEDITS	Toute l'année	(Follesa & Carbonara, 2019)
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Encornet	Oui	1994	Oui	14.9	Données MEDITS	mai à novembre	(Campillo, 1992)
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boschii</i>	Cardine à quatre tâches	Oui	1994	Non	12.2	(Vassilopoulou & Ondrias, 1999)	mars à avril	(Campillo, 1992)
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Baudroie rousse	Oui	1994	Non	40.8	(Colmenero et al., 2013)	Toute l'année	(Colmenero et al., 2013)
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	Baudroie commune	Oui	1994	Non	51.3	(Colmenero et al., 2017)	Printemps	(Colmenero et al., 2017)
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	Oui	1994	Oui	29.0	Evaluation des stocks (Jadaud et al., 2018b)	Toute l'année	(Campillo, 1992)
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Merlan bleu	Oui	1994	Non	18.9	(Serrat et al., 2019)	Novembre à avril	(Mir-Arguimbau et al., 2020)
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase	Oui	1994	Oui	8.6	Evaluation des stocks (Jadaud et al., 2018a)	Fin printemps, été	Evaluation des stocks (Jadaud, Billet, et al., 2018)
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Langoustine commune	Oui	1994	Oui	3.4	Données MEDITS	Hiver	https://doris.ffesmm.fr/Especies/Nephrops-norvegicus-Langoustine-3447
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	Oui	1994	Non	12.0	(González et al., 2011)	Janvier à octobre	(Quetglas et al., 1998)

Abréviation	Espèce	Nom commun	Distinction de la taille	Taille mesurée à partir de	Maturité récoltée	Taille (cm)	Source Taille	Période de reproduction	Source Période de reproduction
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarné	Oui	1994	Non	19.9	(Velasco et al., 2011)	Juillet à octobre	(Campillo, 1992)
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Pageot rose	Oui	1994	Non	30.0	(Mytilineou et al., 2013)	Automne, début printemps	(Campillo, 1992)
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	Oui	1994	Non	16.5	(Busalacchi et al., 2014)	Mai à aout	(Campillo, 1992)
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Crevette rose	Oui	1994	Oui	4.0	Données MEDITS	Toute l'année	(Arculeo et al., 2014)
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Phycis de fond	Oui	1994	Non	19.5	(Rotllant et al., 2002)	Automne, hiver	(Rotllant et al., 2002)
RAJAAS	<i>Raja asterias</i>	Raie étoilée	Oui	2012	Oui	53.4	Données MEDITS	Printemps, été	Serena et al 2010
RAJACLA	<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée	Oui	1999	Oui	80.5	Données MEDITS	Hiver	(Campillo, 1992)
RAJAPOL	<i>Raja polystigma</i>	Raie douce	Oui	2012	Oui	49.8	(Porcu et al., 2020)	Printemps, été	(Porcu et al., 2020)
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	Oui		Non	10.5	Evaluation des stocks (Saraux et al., 2018b)	Hiver	Evaluation des stocks (Saraux et al., 2018b)
SCOMPNE	<i>Scomber colias</i>	Maquereau espagnol atlantique	Oui	2012	Non	18.3	(Cikeš Keč & Zorica, 2012)	Avril à aout	(Cikeš Keč & Zorica, 2012)
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau	Oui	2012	Non	20.7	(Campillo, 1992)	Janvier à mai	(Campillo, 1992)
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite roussette	Oui	1999	Oui	40.5	Données MEDITS	Toute l'année	(Capapé et al., 2008)
SEPIOFF	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	Oui	1994	Non	9.5	(Campillo, 1992)	Toute l'année	(Campillo, 1992)
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	Oui		Non			Novembre à avril	(Roos, 2012)
SQUIMAN	<i>Squilla mantis</i>	Squille ocellée	Oui	2012	Non	2.1	(Campillo, 1992)	Hiver	(Campillo, 1992)
TORPMAR	<i>Torpedo marmorata</i>	Torpille marbrée	Oui	2012	Oui	30.1	Données MEDITS	Toute l'année	(Consalvo et al., 2007)
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard méditerranéen	Oui	1994	Non	23.0	(Campillo, 1992)	Avril à septembre	(Campillo, 1992)
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard d'Europe	Oui	1994	Non	16.0	(Abaunza et al., 2003)	Avril à septembre	(Abaunza et al., 2003)
TRISCAP	<i>Trisopterus capellanus</i>	Capelan de méditerranée	Oui		Non	13.0	(Campillo, 1992)	Janvier à juin	(Campillo, 1992)
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre	Oui	1994	Non	40.0	(Campillo, 1992)	Juin à septembre	(Campillo, 1992)

Tableau A 6 : Valeur de responsabilité compensée par espèce, moyenne et écart type issue de 100 simulations par bootstrapping.

Abréviation	Espèce	Stade	Responsabilité	Écart-type
ALCYPAL	<i>Alcyonium palmatum</i>		3.91	0.01
ALLOMED	<i>Alloteuthis media</i>		4.95	0.15
ALLOSPP	<i>Alloteuthis spp.</i>		4.53	0.01
ANTOMEG	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>		3.88	0.09
ARGESPY	<i>Argentina sphyraena</i>		3.57	0.03
ARNOLAT	<i>Arnoglossus laterna</i>		3.14	0.04
ASPICUC	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Adulte	3.07	0.04
		Juvenile	3.42	0.04
BLENOCE	<i>Blennius ocellaris</i>		4.14	0.09
BOOPBOO	<i>Boops boops</i>	Adulte	3.67	0.02
		Juvenile	3.27	0.05
CALMMAC	<i>Callionymus maculatus</i>		4.18	0.02
CAPOAPE	<i>Capros aper</i>		2.70	0.11
CEPOMAC	<i>Cepola macrophthalma</i>		3.42	0.02
CITHMAC	<i>Citharus linguatula</i>	Adulte	3.72	0.07
		Juvenile	3.22	0.07
CONGCON	<i>Conger conger</i>		3.49	0.03
ELED CIR	<i>Eledone cirrhosa</i>	Adulte	3.64	0.02
		Juvenile	3.77	0.01
ELED MOS	<i>Eledone moschata</i>	Adulte	3.20	0.03
		Juvenile	3.27	0.03
ENGRENC	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Adulte	5.34	0.04
EUTRGUR	<i>Eutrigla gurnardus</i>	Adulte	3.81	0.04
		Juvenile	3.78	0.02
FUNIQUEA	<i>Funiculina quadrangularis</i>		6.10	0.02
GOBIFRI	<i>Lesueurigobius friesii</i>		3.90	0.02
GOBINIG	<i>Gobius niger</i>		3.40	0.03
GOBIQUA	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>		3.54	0.04
ILLECOI	<i>Illex coindetii</i>	Adulte	3.57	0.02
		Juvenile	3.63	0.02
LEPMBOS	<i>Lepidorhombus boscii</i>	Adulte	3.44	0.04
		Juvenile	3.05	0.04
LEPRSP	<i>Leptometra spp.</i>		4.47	0.04
LEPTCAV	<i>Lepidotrigla cavillone</i>		3.65	0.02
LOPHBUD	<i>Lophius budegassa</i>	Adulte	3.13	0.02
		Juvenile	3.60	0.01
LOPHPIS	<i>Lophius piscatorius</i>	Adulte	2.61	0.02
		Juvenile	3.43	0.03
LYTOMYR	<i>Lytocarpia myriophyllum</i>		4.44	0.05
MERLMER	<i>Merluccius merluccius</i>	Adulte	5.53	0.02
		Juvenile	5.67	0.01
MICMPOU	<i>Micromesistius poutassou</i>	Adulte	3.30	0.02
		Juvenile	4.02	0.04
MICUVAR	<i>Microchirus variegatus</i>		3.41	0.06
MULLBAR	<i>Mullus barbatus</i>	Adulte	3.79	0.02
		Juvenile	3.25	0.07
NEPRNOR	<i>Nephrops norvegicus</i>	Adulte	3.70	0.04
		Juvenile	3.28	0.02
OCTOVUL	<i>Octopus vulgaris</i>	Adulte	3.44	0.02
		Juvenile	3.33	0.02
PAGEACA	<i>Pagellus acarne</i>	Adulte	3.64	0.04
		Juvenile	3.78	0.05
PAGEBOG	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Adulte	3.12	0.08
		Juvenile	3.63	0.08
PAGEERY	<i>Pagellus erythrinus</i>	Adulte	3.70	0.03
		Juvenile	3.54	0.04
PAPELON	<i>Parapenaeus longirostris</i>	Adulte	4.04	0.05

Abréviation	Espèce	Stade	Responsabilité	Écart-type
		Juvénile	4.12	0.04
PHYIBLE	<i>Phycis blennoides</i>	Adulte	3.42	0.03
		Juvénile	3.30	0.03
PTEDSPI	<i>Pteroeides spinosum</i>		6.01	0.03
SARDPIL	<i>Sardina pilchardus</i>	Adulte	5.44	0.08
		Juvénile	5.28	0.08
SCOMSCO	<i>Scomber scombrus</i>	Adulte	3.56	0.05
		Juvénile	3.45	0.02
SCYOCAN	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Adulte	3.39	0.02
		Juvénile	3.27	0.02
SEPIELE	<i>Sepia elegans</i>		4.00	0.04
SEPIORB	<i>Sepia orbignyana</i>		4.45	0.04
SEPOSPP	<i>Sepiola spp.</i>		4.47	0.06
SERACAB	<i>Serranus cabrilla</i>		3.25	0.07
SERAHEP	<i>Serranus hepatus</i>		3.65	0.06
SPRASPR	<i>Sprattus sprattus</i>	Adulte	4.99	0.23
TODIEBL	<i>Todaropsis eblanae</i>		3.83	0.08
TRACMED	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Adulte	3.18	0.13
		Juvénile	3.38	0.12
TRACTRA	<i>Trachurus trachurus</i>	Adulte	3.76	0.02
		Juvénile	3.87	0.01
TRAHDRA	<i>Trachinus draco</i>		3.51	0.03
TRIGLYR	<i>Trigla lyra</i>		3.70	0.03
TRISCAP	<i>Trisopterus capellanus</i>	Adulte	3.57	0.01
		Juvénile	3.33	0.01
VERECYN	<i>Veretillum cynomorium</i>		3.63	0.02
ZEUSFAB	<i>Zeus faber</i>	Adulte	3.65	0.05
		Juvénile	3.76	0.04

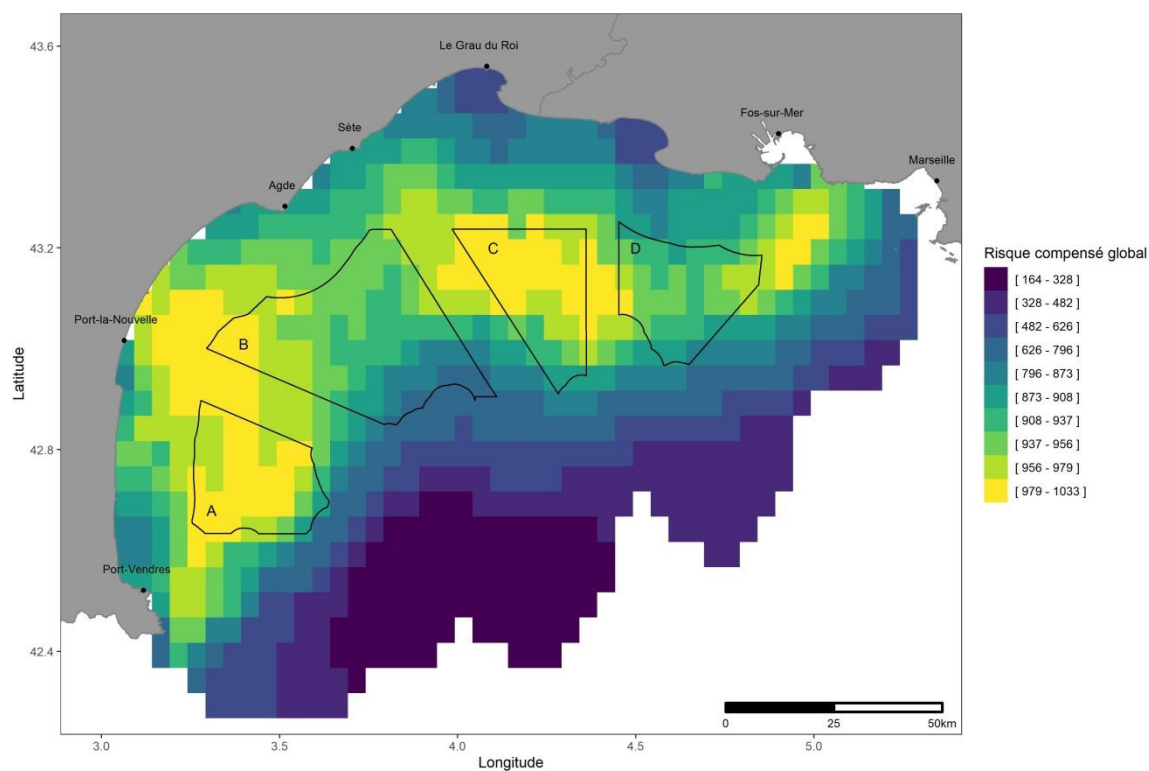


Figure A 1 : Risque compensé global. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

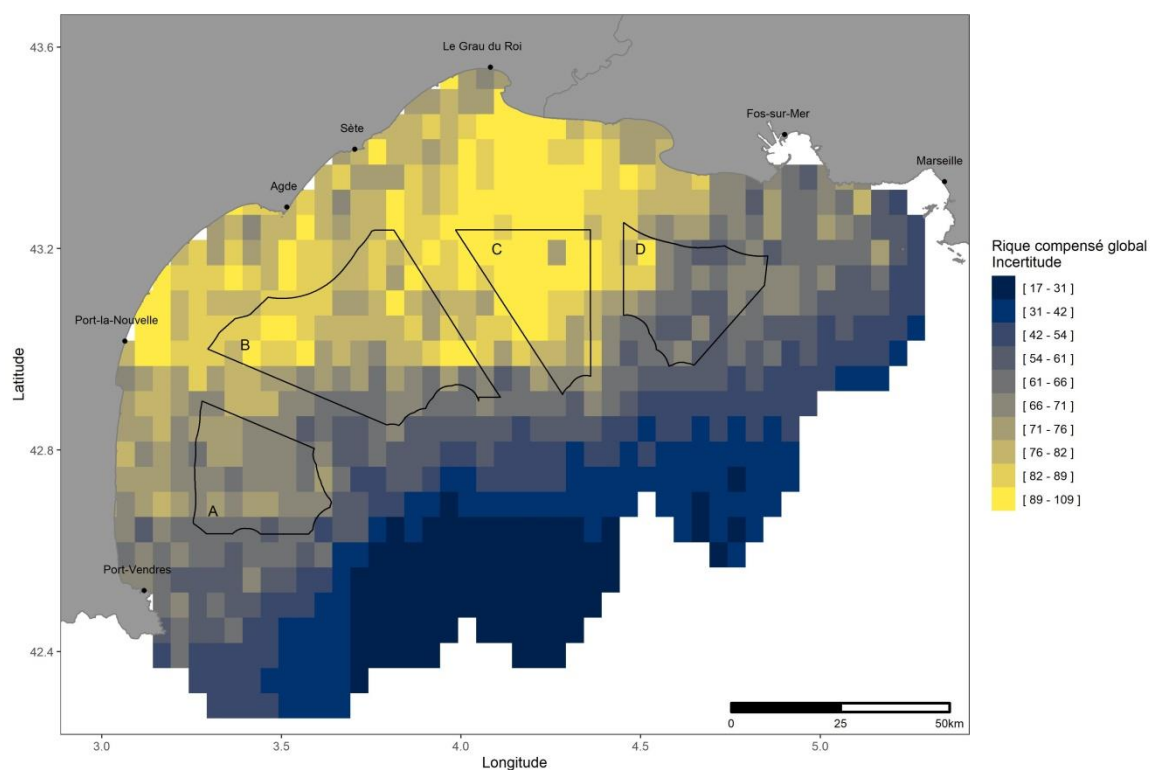


Figure A 2 : Incertitude du risque compensé global. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

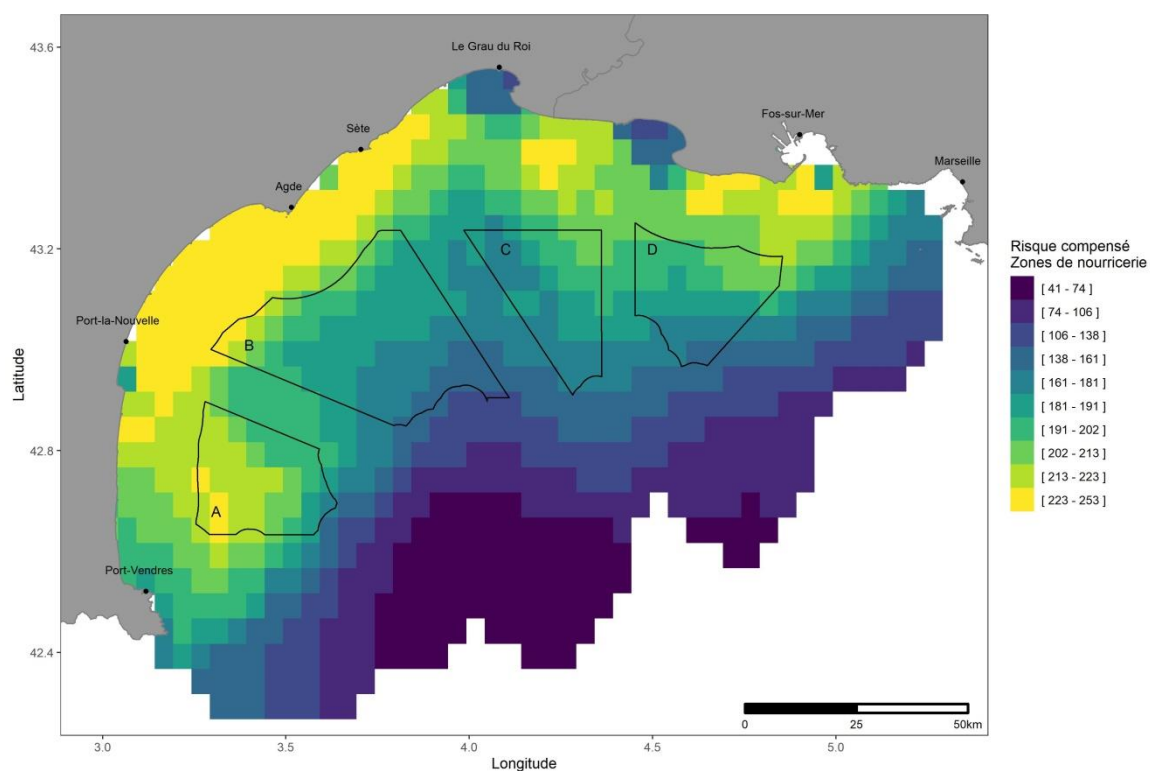


Figure A 3 : Risque compensé des espèces en zones de nurricerie. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

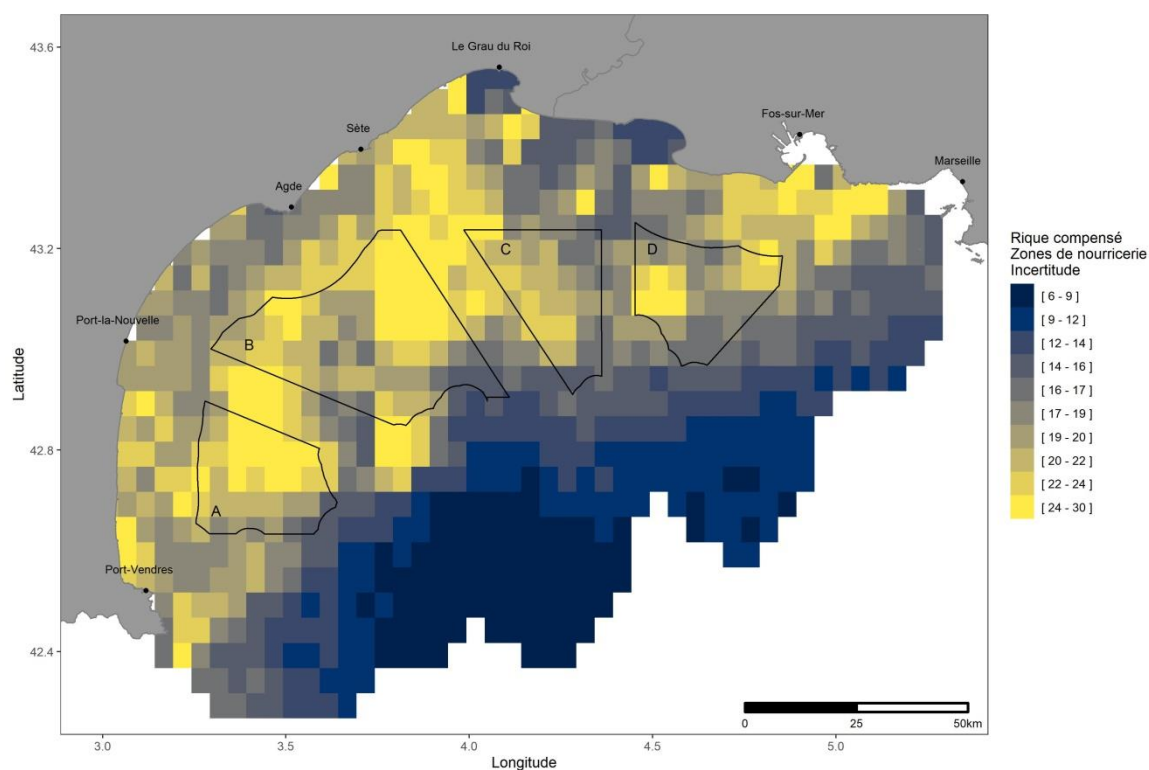


Figure A 4 : Incertitude du risque compensé global des espèces en zones de nurserie. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

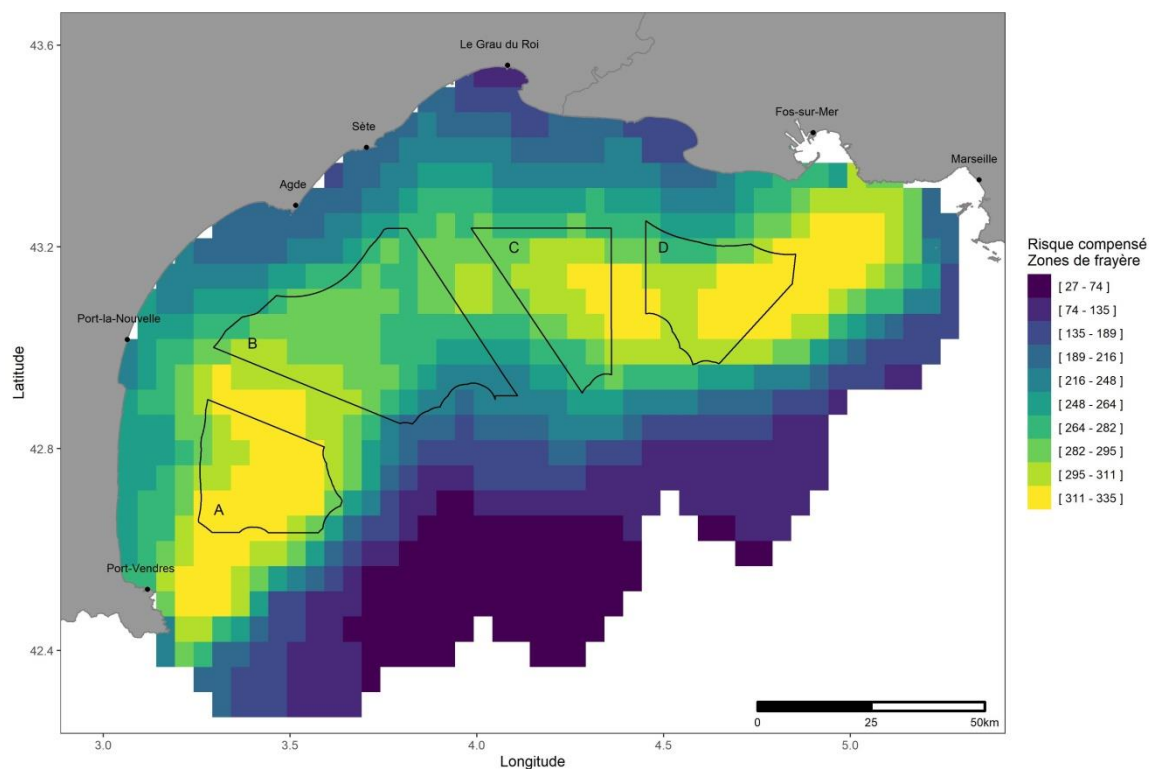


Figure A 5 : Risque compensé des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

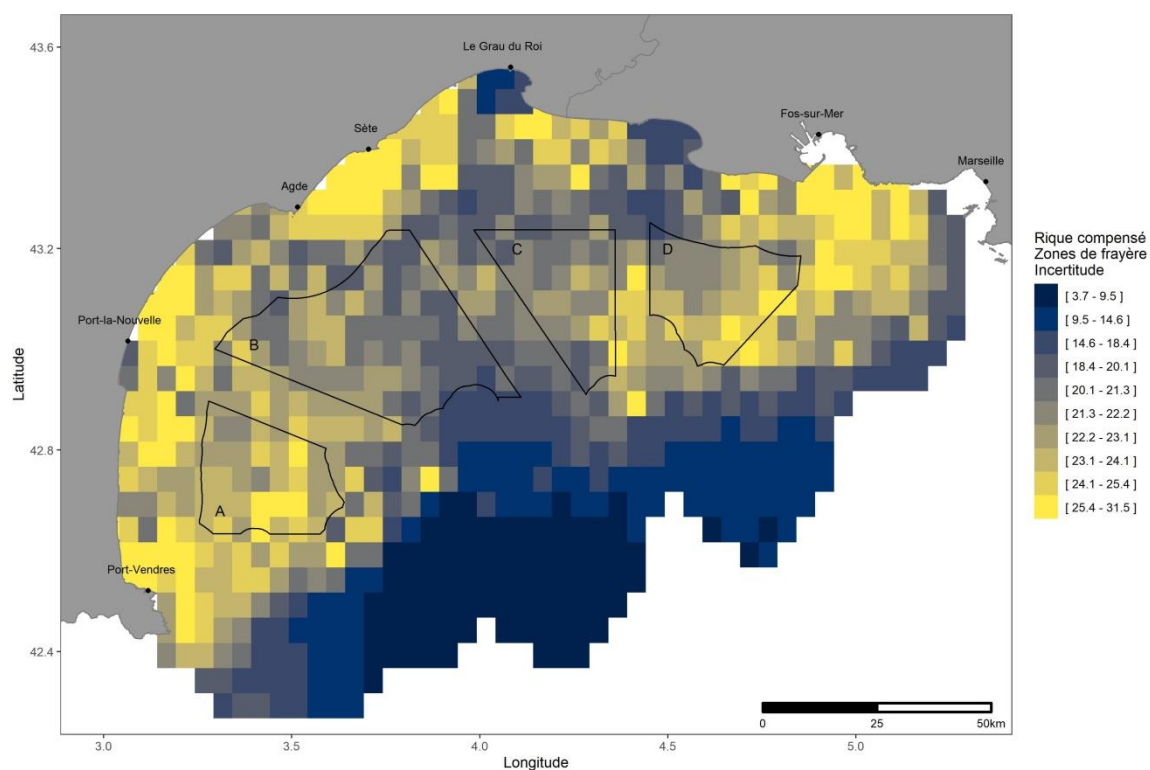


Figure A 6 : Incertitude du risque compensé global des espèces en zones de frayère. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

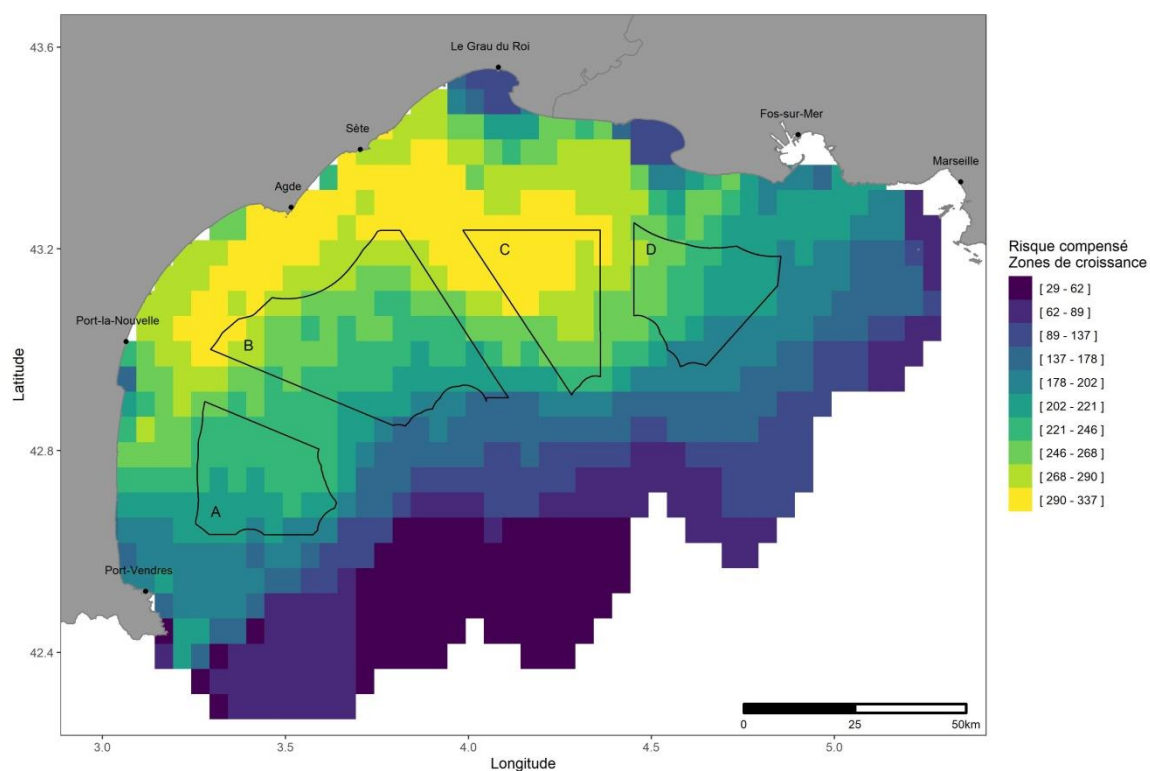


Figure A 7 : Risque compensé des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

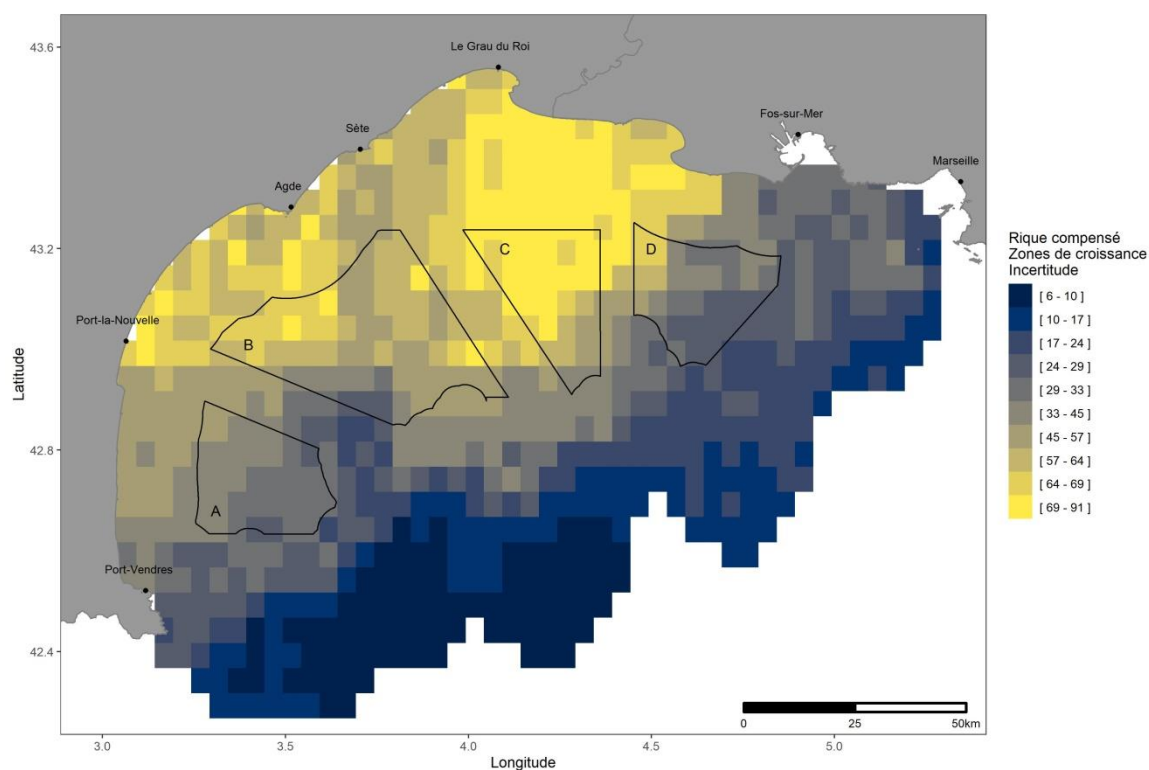


Figure A 8 : Incertitude du risque compensé global des espèces en zones de croissance. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

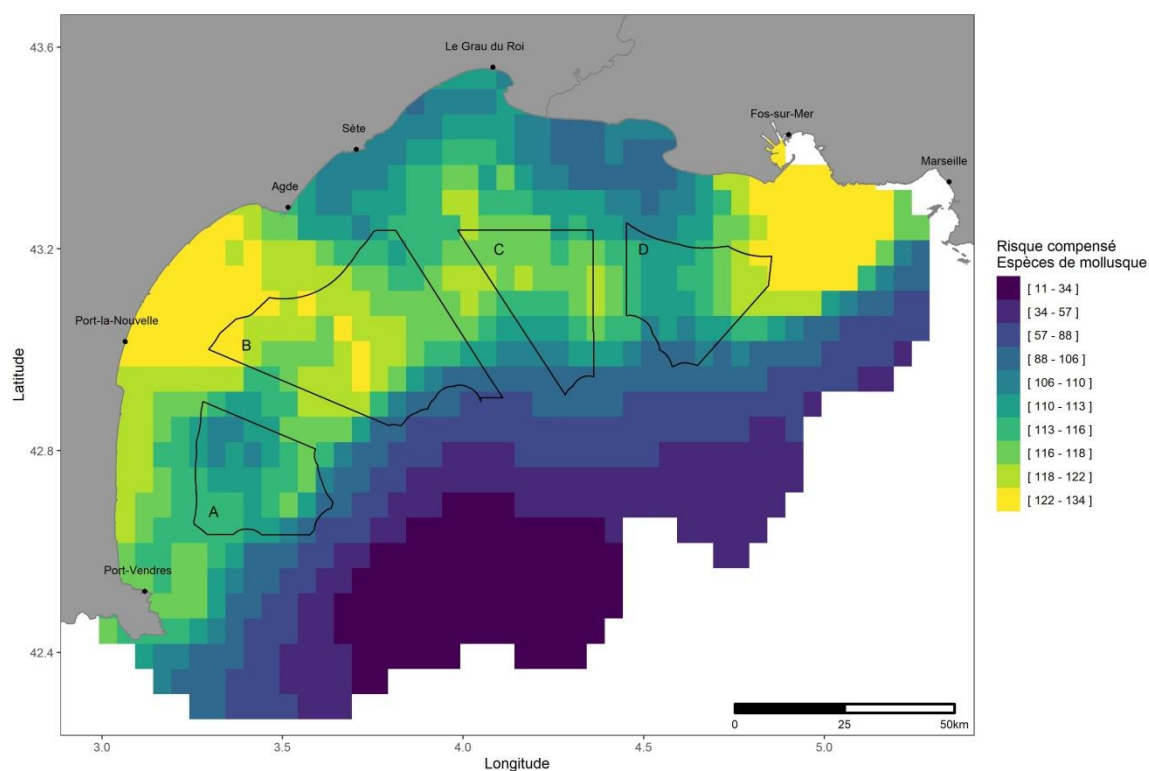


Figure A 9 : Risque compensé des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

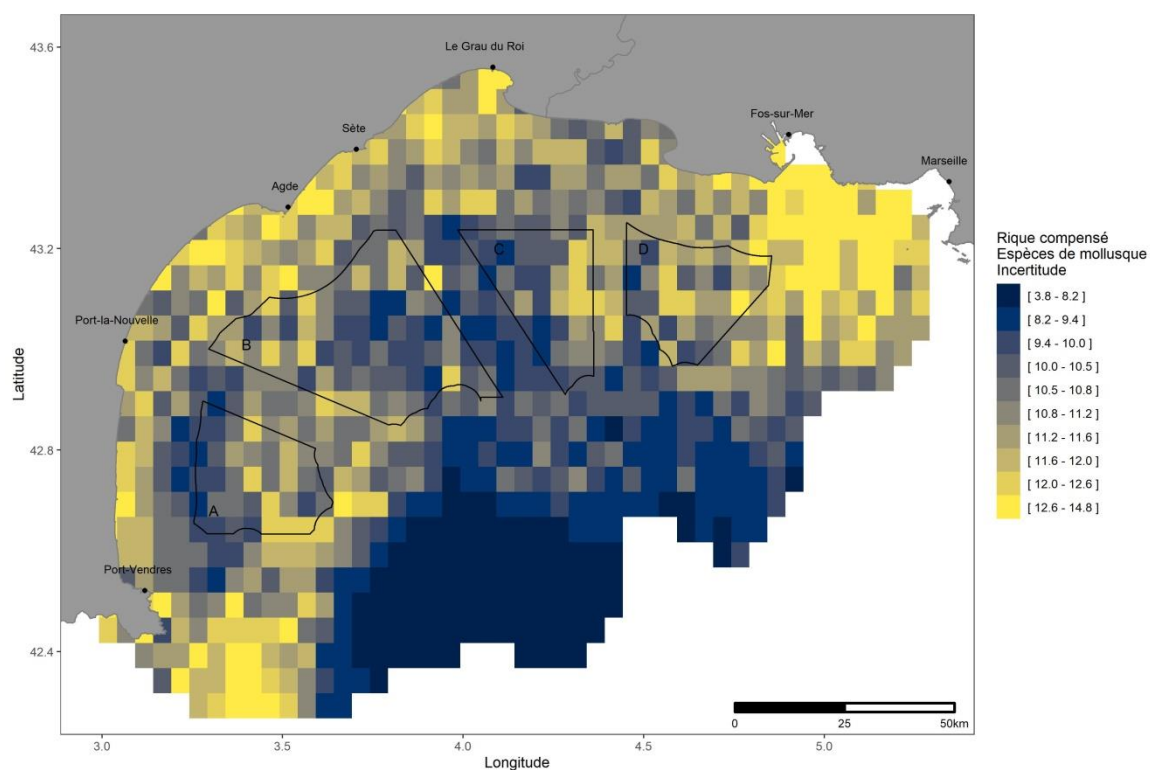


Figure A 10 : Incertitude du risque compensé global des espèces de mollusque. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

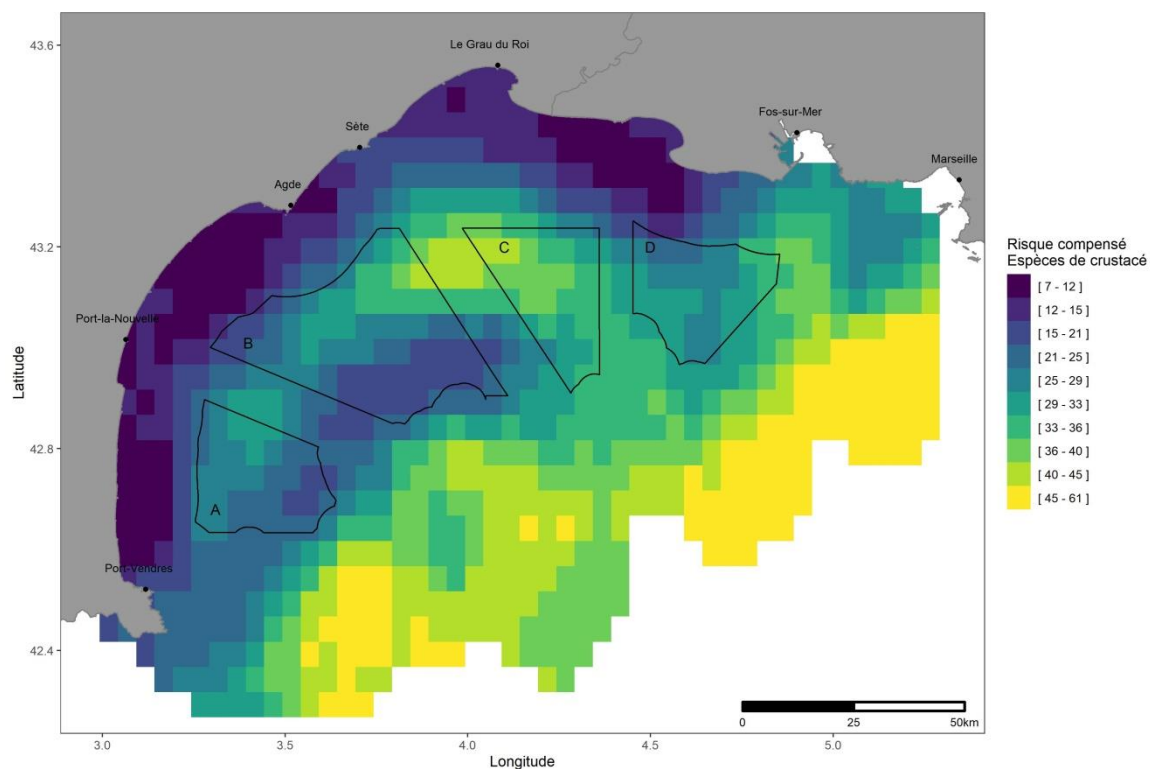


Figure A 11 : Risque compensé des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

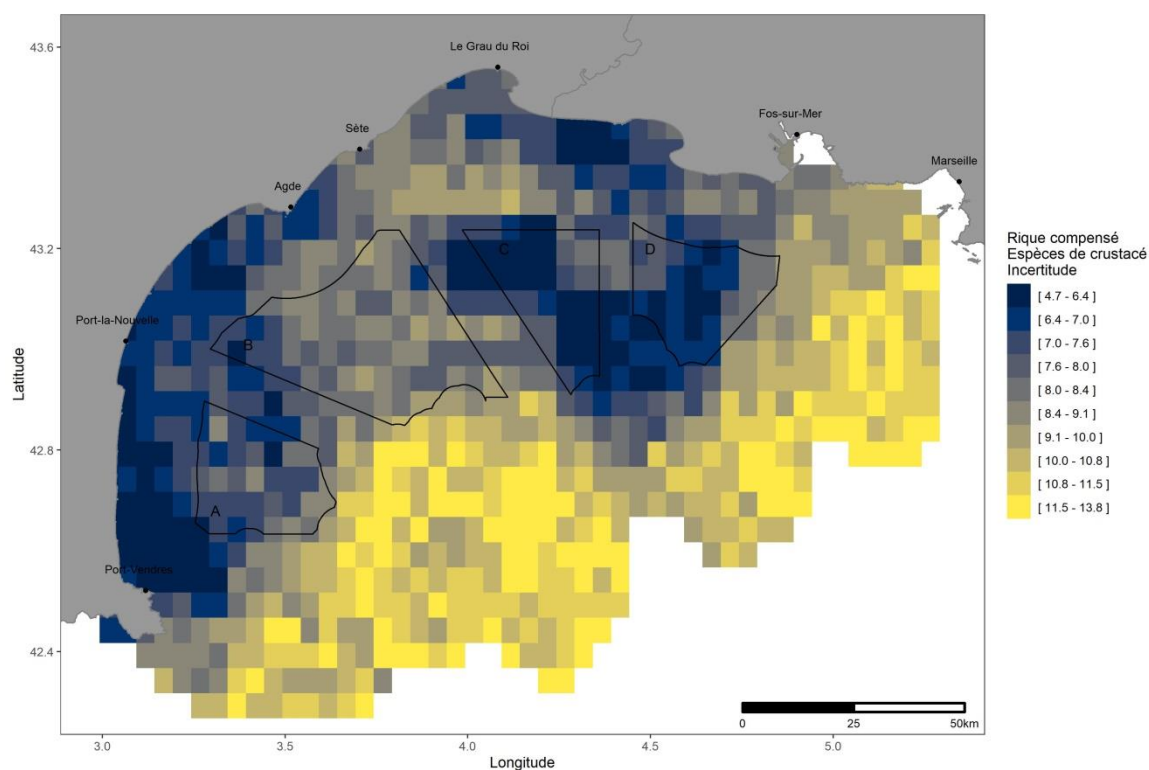


Figure A 12 : Incertitude du risque compensé global des espèces de crustacé. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

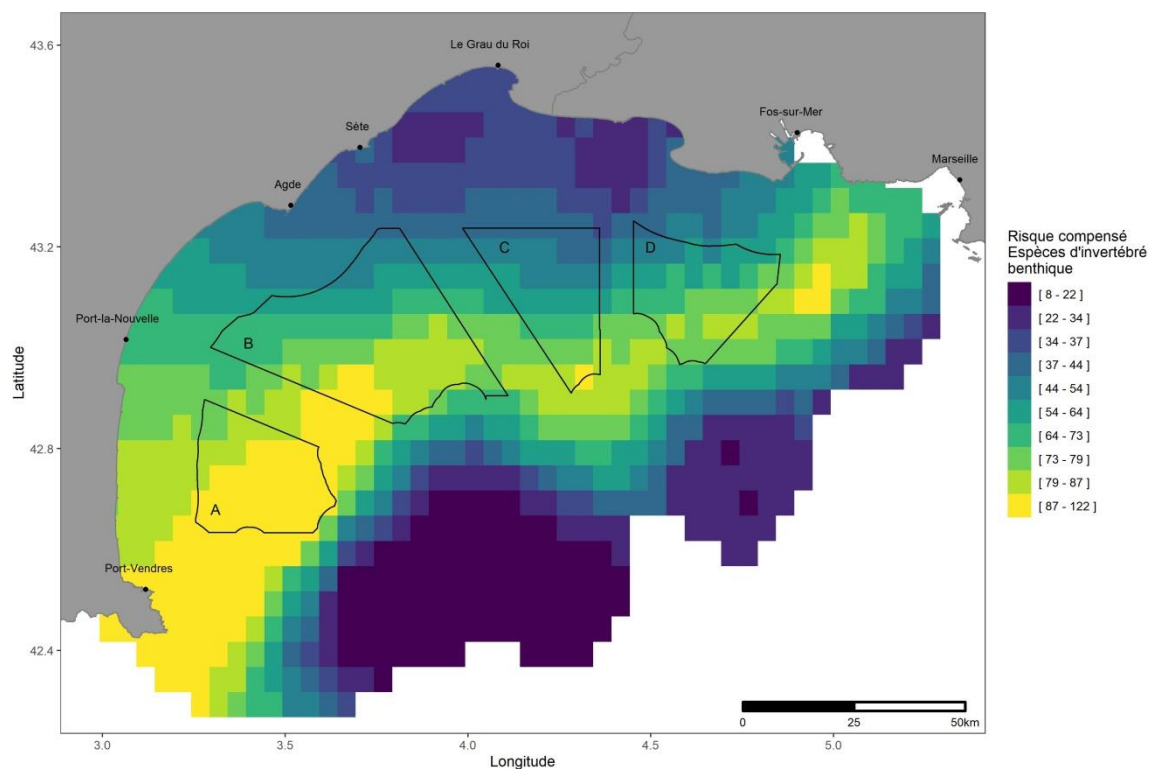


Figure A 13 : Risque compensé des espèces d'invertébré benthique. Carte obtenue à partir de la moyenne des 100 simulations par bootstrapping.

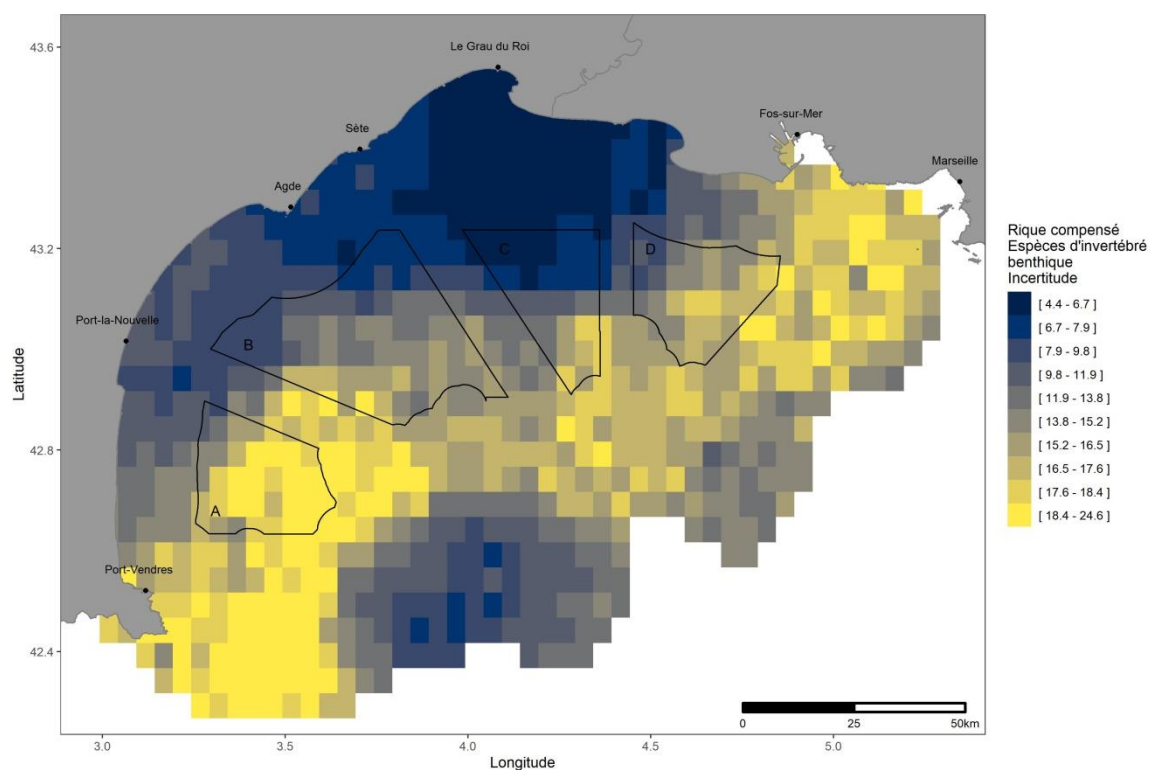


Figure A 14 : Incertitude du risque compensé global des espèces d'invertébré benthique. Carte obtenue à partir de l'écart-type des 100 simulations par bootstrapping.

Matrice de sensibilité à l'éolien flottant

Page 1 sur 6

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 et doit être faite au niveau de l'individu (sensibilité intrinsèque des individus de l'espèce considérée, stades de vie confondus).

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). Les espèces sélectionnées pour ce sondage, 59 au total, sont les espèces les plus capturées dans le Golfe du Lion et les plus représentées lors des campagnes halieutiques MEDITS et PELMED. Un certain nombre de données disponibles était nécessaire pour une cartographie robuste.

Votre expertise peut se baser sur vos connaissances générales de l'espèce (ou une espèce proche), sur la biologie ou les habitats de l'espèce ou sur tout autres travaux.

A propos de vous :

Expert *

Prénom

Nom de famille

Institution - Laboratoire *

Conformément aux dispositions du Règlement Général de la Protection des Données (RGPD 2016/679) du 27 avril 2016 et de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'effacement des données personnelles vous concernant, ainsi que d'un droit à la limitation du traitement. Vous pouvez exercer vos droits auprès du délégué à la protection des données de l'Ifremer : soit par courrier postal : IFREMER - Délégué à la protection des données- Centre Bretagne - ZI de la Pointe du Diabole - CS 10070 - 29280 Plouzané soit par courriel : dpo@ifremer.fr

Questionnaire réalisé par Pauline DE ROCK Ifremer, MARBEC - Laboratoire Halieutique Méditerranée, Sète

Suivant

Figure A 15 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 1 « Contexte », pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.

Matrice de sensibilité à l'éolien flottant

Page 2 sur 6

DESCRIPTION D'UN PARC ÉOLIEN FLOTTANT

La structure émergée des éoliennes flottantes n'est pas différente de celle des éoliennes fixes : les éoliennes possèdent trois pales fixées en haut d'un mat, tournant horizontalement et orientées face au vent.

La différence avec les éoliennes fixes est la structure (semi-) immergée qui peut être de type semi-submersible, "Spar" ou "Tension Leg Platform" (LPT) (Figure 1):

- les flotteurs "Spar" possèdent une structure cylindrique ballastée au fond pour la stabiliser.
- les flotteurs semi-submersibles comportent une plateforme ancrée au fond marin par un ancrage caténaire ou semi-tendu.
- les flotteurs "LPT" sont immergés et ancrés sous tension.

Un des avantages de l'éolien flottant est que les structures peuvent être complètement assemblées à terre puis remorquées et ancrées sur le site d'exploitation en mer.

Le système d'ancrage peut se faire à l'aide d'ancres (Figure 2) ou de piles à succion (Figure 3). Les lignes du mouillage du système d'ancrage peuvent être caténares, tendues ou semi-tendues. Les éoliennes flottantes sont susceptibles de bouger autour de sa position en fonction du type de ligne de mouillage.

Les câbles électriques de raccordement seront préférentiellement enfouis dans le sédiment pour ce projet. Les unités de production en mer ne seront pas flottantes mais fixes. (Figure 4).

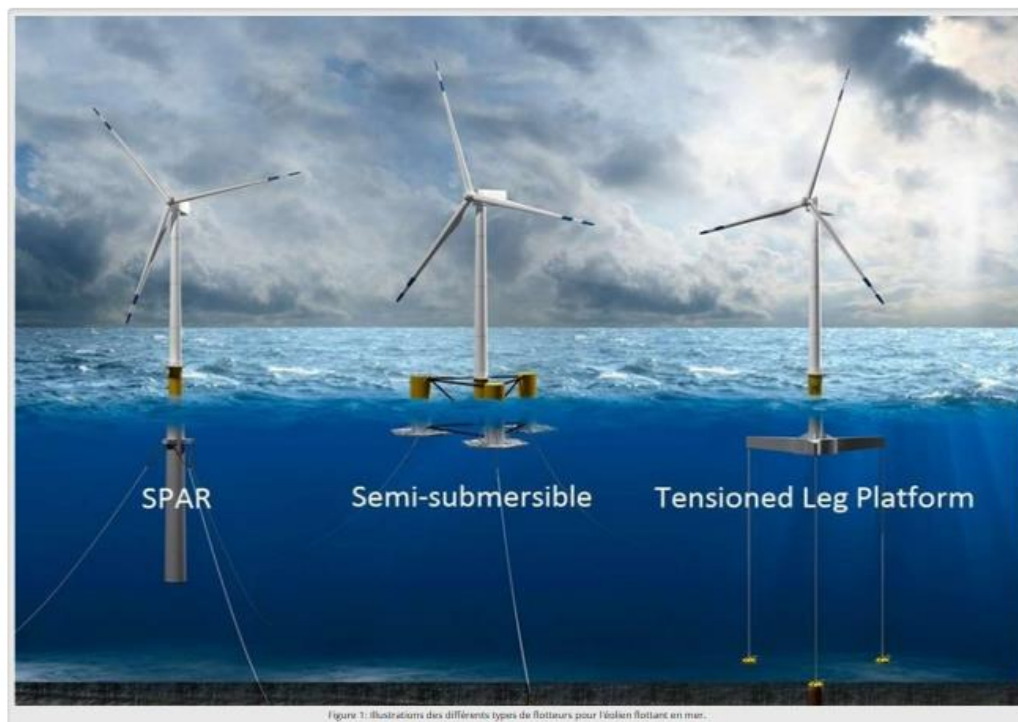


Figure 1: Illustration des différents types de flotteurs pour l'éolien flottant en mer.

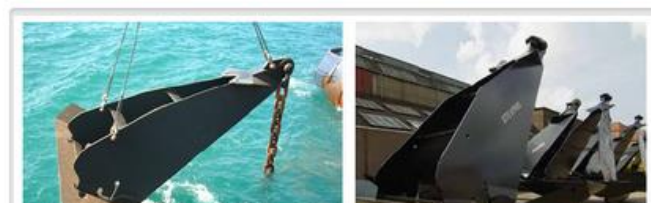


Figure A 16 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 2.1 « Description d'un parc éolien flottant », pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.



Figure 2: Ancre à enfouissement (source: Vryhof).



Figure 3: Piles à succions.

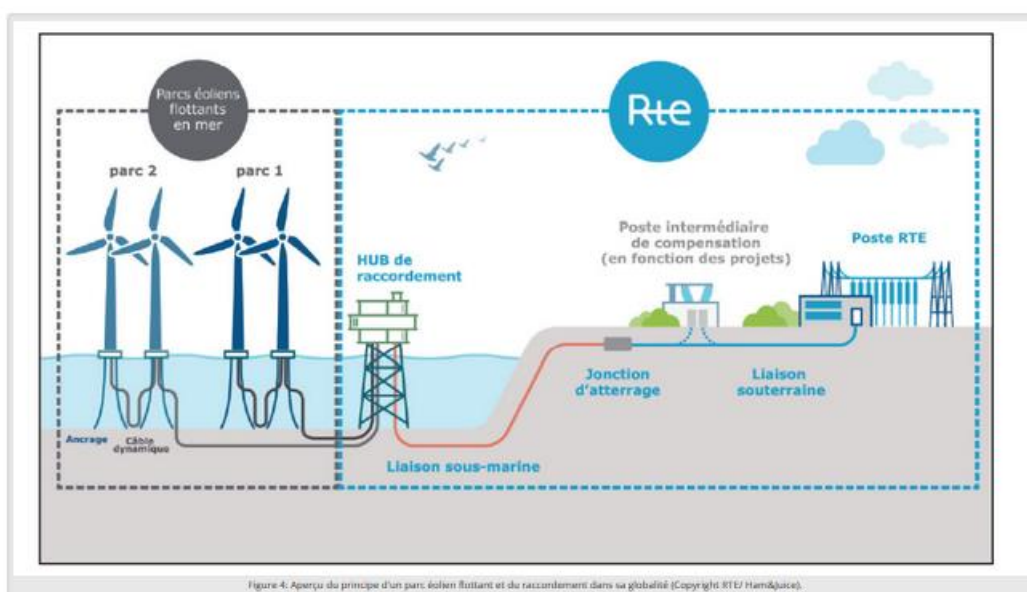


Figure 4: Aperçu du principe d'un parc éolien flottant et du raccordement dans sa globalité (Copyright RTE/Ham&Juice).

Sources

- André, M., Solé, M., Lenoir, M., Durfort, M., Quéro, C., Mas, A., Lombarte, A., van der Schaar, M., López-Bejar, M., Morell, M., Zaugg, S., & Houégnigan, L. (2011). Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Frontiers in Ecology and the Environment* DOI: 10.1890/100124
- Carlier, A., Vogel, C., Alemany, J. 2019. Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins: phases de travaux et d'exploitation. Rapport IFREMER. 99pp. + Annexes
- Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea. A Literature Overview. WWF-Norway Report. 2014. 48 pages.
- Le développement de l'éolien flottant en Méditerranée. Juin 2018. 36 pages + Annexes.
- Lena Bergström, Lena Kautsky, Torleif Malm, Hans Ohlsson, Magnus Wahlberg, Rutger Rosenberg & Nastassja Åstrand Capetillo. The effects of wind power on marine life. A Synthesis. (2012) Swedish Environmental Protection Agency Report 6512. 92 pages
- L'éolien offshore flottant par Guillaume Bracq.
- Morandi, A., S. Berkman, J. Rowe, R. Balouskus, D.S. Etkin, C. Moelter, and D. Reich. 2018. Environmental Sensitivity and Associated Risk to Habitats and Species on the Pacific West Coast and Hawaii with Offshore Floating Wind Technologies; Volume 1: Final Report. US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Pacific OCS Region, Camarillo, CA. OCS Study BOEM 2018-031. 100 p.
- Projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne. Analyse bibliographique environnementale. Juillet 2020.

[Retour](#) [Suivant](#)

Figure A 17 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 2.2 « Description d'un parc éolien flottant », pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.

Matrice de sensibilité à l'éolien flottant

Page 3 sur 6

POISSONS

Quelle est la sensibilité de l'espèce à la pression n° 1 ?

PRESSION n° 1 : Ancrage des fondations, Pose de câbles sous marins, Emprise spatiale du parc

Phase : Construction

Impact : Perturbation des habitats, destruction physique et perte des habitats ou d'espèces. Déplacement d'espèces. Evitement du parc par certaines espèces (peut augmenter la pression sur les habitats adjacents).

Compartiments les plus impactés: Invertébré benthique, Poissons

N.B. Vous pouvez cliquer sur le nom latin de l'espèce pour ouvrir une fiche d'informations la concernant.

	Aucune	Faible	Modérée	Forte	Inconnue
<i>Scyllorhinus canicula</i> - Petite roussette (Elasmobranchie - Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Arnoglossus lanterna</i> - Arnoglosse lanterne (Poisson plat - Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Citharus linguatula</i> - Limande (Poisson plat - Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Lepidorhombus boscii</i> - Cardine à quatre tâches (Poisson plat - Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Microchirus variegatus</i> - Sole-perdrix commune (Poisson plat - Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Gaidropsarus biscayensis</i> - Motelle mouchetée (Benthopélagique)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Argentina sphyraena</i> - Petite argentine (Bathydémersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Chelidonichthys cuculus</i> - Grondin pin (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Blennius ocellaris</i> - Blennie ocellée (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Boops boops</i> - Bogue (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Callionymus maculatus</i> - Dragonnet tacheté (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Capros aper</i> - Piranneau (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Cepola macrophthalma</i> - Cépole commune (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Conger conger</i> - Congre commun (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Engraulis encrasicolus</i> - Anchois commun (Pélagique)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Eutrigla gurnardus</i> - Grondin gris (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Lesueurigobius friesii</i> - Gobie à grandes écailles (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Gobius niger</i> - Gobie noir (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i> - Gobie à quatre tâches (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Lepidotrigla cavillone</i> - Cavillone commun (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Lophius budegassa</i> - Baudroie rousse (Bathydémersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Lophius piscatorius</i> - Baudroie commune (Bathydémersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Merluccius merluccius</i> - Merlu (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Micromesistius poutassou</i> - Merlan bleu (Bathypélagique)	☐	☐	☐	☐	☒
<i>Mullus barbatus</i> - Rouget de vase (Démersal)	☐	☐	☐	☐	☒

Figure A 18 : Capture d'écran du sondage en ligne, page 3.1 « Poisson » et exemple de question, pour la sensibilité des espèces à l'éolien flottant.

Tableau A 7 : Moyenne pondérée et nombre de réponses obtenues pour la sensibilité de chaque espèce et chaque pression. Se référer au Tableau 4 pour la définition de chaque pression.

Espèce		Pression 1	Pression 2	Pression 3	Pression 4	Pression 5	Pression 6	Pression 7	Pression 8	Pression 9
<i>Alcyonium palmatum</i>	Moyenne pondérée	2.83	2.83	0.5	1.75	0.17	0.2	0.33	1.5	2.8
	Nombre de réponses	6	6	4	4	6	5	3	6	5
<i>Alloteuthis media</i>	Moyenne pondérée	0.8	1.25	1.33	1.4	0	1.75	0	1.5	0.75
	Nombre de réponses	5	4	3	5	4	4	2	4	4
<i>Alloteuthis spp.</i>	Moyenne pondérée	0.8	1.25	1.33	1.4	0	1.75	0	1.5	0.75
	Nombre de réponses	5	4	3	5	4	4	2	4	4
<i>Argentina sphyraena</i>	Moyenne pondérée	1	1	1	1.8	0.17	0	0	0.6	0
	Nombre de réponses	4	3	3	5	6	3	2	5	3
<i>Arnoglossus laterna</i>	Moyenne pondérée	2	1.67	1.5	1.8	0	0	0	1.25	0.67
	Nombre de réponses	4	3	4	5	6	3	2	4	3
<i>Blennius ocellaris</i>	Moyenne pondérée	1.83	2.2	1.6	1.6	0.17	0.5	1	1.17	0.33
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	6	3
<i>Boops boops</i>	Moyenne pondérée	1.29	1.33	1.4	1.75	0.17	0.8	1	1	0
	Nombre de réponses	7	6	5	4	6	5	3	6	3
<i>Callionymus maculatus</i>	Moyenne pondérée	1.5	1	1	1.8	0.17	0	1	0.8	0.33
	Nombre de réponses	4	3	3	5	6	3	3	5	3
<i>Capros aper</i>	Moyenne pondérée	1	1	1	2	0.17	0	0	0.67	0
	Nombre de réponses	5	3	3	4	6	3	2	3	4
<i>Cepola macrophthalma</i>	Moyenne pondérée	1.4	1.33	1	1.5	0.17	0	0	0.67	0.33
	Nombre de réponses	5	3	3	4	6	3	2	3	3
<i>Chelidonichthys cuculus</i>	Moyenne pondérée	1.83	1.8	1.4	1.8	0.17	0.5	1	0.6	0
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	5	3
<i>Citharus linguatula</i>	Moyenne pondérée	2.33	2.2	1.6	1.8	0	0.5	1	1	0.67
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	5	3
<i>Conger conger</i>	Moyenne pondérée	1.5	1.4	1.5	1.6	0.17	0.5	1	1.33	0.33
	Nombre de réponses	6	5	4	5	6	4	3	6	3
<i>Deltentosteus</i>	Moyenne pondérée	1.8	1.5	1.4	1.6	0.17	0.5	1	1.33	0.33
	Nombre de réponses	5	4	5	5	6	4	3	6	3
<i>Eledone cirrhosa</i>	Moyenne pondérée	1.6	1.83	2.5	1.8	0	1	1	2	1.25
	Nombre de réponses	5	6	4	5	5	5	3	5	4
<i>Eledone moschata</i>	Moyenne pondérée	1.6	1.6	2.33	1.8	0	0.75	0	2	1.25
	Nombre de réponses	5	5	3	5	4	4	2	5	4
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Moyenne pondérée	0.71	1	2.4	2.2	0.17	1.83	0.33	2	0
	Nombre de réponses	7	5	5	5	6	6	3	6	3
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Moyenne pondérée	1.25	1.6	1.8	1.8	0.17	0.5	1	0.8	0
	Nombre de réponses	4	5	5	5	6	4	3	5	3
<i>Funiculina quadrangularis</i>	Moyenne pondérée	2.83	2.83	0.5	1.75	0.17	0.2	0.33	1.5	2.8
	Nombre de réponses	6	6	4	4	6	5	3	6	5
<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	Moyenne pondérée	1.5	1	1	2	0.17	0	0	1.5	0.33

Espèce		Pression 1	Pression 2	Pression 3	Pression 4	Pression 5	Pression 6	Pression 7	Pression 8	Pression 9
	Nombre de réponses	4	3	3	5	6	3	2	4	3
Gobius niger	Moyenne pondérée	1.8	1.75	1.4	1.6	0.17	0.5	1	1.33	0.33
	Nombre de réponses	5	4	5	5	6	4	3	6	3
Illex coindetii	Moyenne pondérée	1	0.83	2	1.6	0	2.2	0.67	2	0.5
	Nombre de réponses	6	6	5	5	5	5	3	5	4
Lepidorhombus boscii	Moyenne pondérée	2	2	1.5	2	0	0.5	0	1.25	0.67
	Nombre de réponses	4	3	4	5	6	4	2	4	3
Lepidotrigla cavillone	Moyenne pondérée	0.75	1	1	1.5	0.17	0	0	0.67	0
	Nombre de réponses	4	3	3	4	6	3	2	3	3
Leptometra spp.	Moyenne pondérée	2.67	2.67	0.5	1.8	0.17	0.2	0.33	1.33	2.5
	Nombre de réponses	6	6	4	5	6	5	3	6	4
Lesueurigobius friesii	Moyenne pondérée	1.8	1.5	1.4	1.8	0.17	0.5	1	1.17	0.33
	Nombre de réponses	5	4	5	5	6	4	3	6	3
Lophius budegassa	Moyenne pondérée	1.75	1.8	1.6	2	0.17	0.5	1	0.83	0.33
	Nombre de réponses	4	5	5	5	6	4	3	6	3
Lophius piscatorius	Moyenne pondérée	1.5	1.8	1.6	2	0.17	0.5	1	0.83	0.33
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	6	3
Lytocarpia myriophyllum	Moyenne pondérée	2.83	2.83	0.5	1.8	0.17	0.2	0.33	1.5	2.8
	Nombre de réponses	6	6	4	5	6	5	3	6	5
Merluccius merluccius	Moyenne pondérée	1.4	1.8	1.8	1.8	0.17	0.5	1	0.6	0
	Nombre de réponses	5	5	5	5	6	4	3	5	3
Microchirus variegatus	Moyenne pondérée	2.2	2.4	1.8	2	0	0.5	1	1.2	0.67
	Nombre de réponses	5	5	5	5	6	4	3	5	3
Micromesistius poutassou	Moyenne pondérée	1	1.33	1.8	2.2	0.17	0.75	1	1.5	0
	Nombre de réponses	6	6	5	5	6	4	3	6	3
Mullus barbatus	Moyenne pondérée	1.4	1.6	1.6	1.8	0.17	0.5	0.67	1	0
	Nombre de réponses	5	5	5	5	6	4	3	6	3
Nephrops norvegicus	Moyenne pondérée	2.67	2.67	1.83	2	0	1	1	1.5	2
	Nombre de réponses	6	6	6	6	5	5	3	6	5
Octopus vulgaris	Moyenne pondérée	1.83	2.17	2.6	1.8	0	1	1	2.4	1
	Nombre de réponses	6	6	5	5	5	5	3	5	4
Pagellus acarne	Moyenne pondérée	1.17	1.4	1.6	2	0.17	0.5	0.67	2	0
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	6	3
Pagellus bogaraveo	Moyenne pondérée	1.17	1.4	1.6	2	0.17	0.5	0.67	2	0
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	6	3
Pagellus erythrinus	Moyenne pondérée	0.8	1.4	1.6	2	0.17	0.5	0.67	2	0
	Nombre de réponses	5	5	5	5	6	4	3	6	3
Parapenaeus longirostris	Moyenne pondérée	2.5	2.17	1.83	1.83	0	1	1	1.4	1.5
	Nombre de réponses	6	6	6	6	5	5	3	5	4
Phycis blennoides	Moyenne pondérée	1.2	1.5	1	2	0.17	0.5	0	1.67	0
	Nombre de réponses	5	4	4	5	6	4	2	6	3

Espèce		Pression 1	Pression 2	Pression 3	Pression 4	Pression 5	Pression 6	Pression 7	Pression 8	Pression 9
<i>Pteroeides spinosum</i>	Moyenne pondérée	2.83	2.83	0.5	1.8	0.17	0.2	0.33	1.5	2.8
	Nombre de réponses	6	6	4	5	6	5	3	6	5
<i>Sardina pilchardus</i>	Moyenne pondérée	0.71	1	2.6	2.2	0.17	2	0.33	2.17	0
	Nombre de réponses	7	6	5	5	6	6	3	6	4
<i>Scomber scombrus</i>	Moyenne pondérée	0.5	0.83	1.8	2.2	0.17	1.67	0.33	2.17	0
	Nombre de réponses	6	6	5	5	6	6	3	6	4
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Moyenne pondérée	1.5	1.6	1.8	1.8	0.5	0.5	2.8	1.17	0
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	5	6	3
<i>Sepia elegans</i>	Moyenne pondérée	1.83	2	2.4	1.4	0	1.2	0.67	2.2	1.25
	Nombre de réponses	6	6	5	5	5	5	3	5	4
<i>Sepia orbignyana</i>	Moyenne pondérée	1.83	2	2.4	1.4	0	1.2	0.67	2.2	1.25
	Nombre de réponses	6	6	5	5	5	5	3	5	4
<i>Sepiola spp.</i>	Moyenne pondérée	2	2	2.4	1.4	0	1.2	0.67	2.2	1.25
	Nombre de réponses	6	6	5	5	5	5	3	5	4
<i>Serranus cabrilla</i>	Moyenne pondérée	1	1.5	1	1.6	0.17	0	0	1.4	0
	Nombre de réponses	4	4	4	5	6	3	2	5	3
<i>Serranus hepatus</i>	Moyenne pondérée	1	1.5	1	1.6	0.17	0	0	1.4	0
	Nombre de réponses	4	4	4	5	6	3	2	5	3
<i>Sprattus sprattus</i>	Moyenne pondérée	0.5	1	2.5	2	0.17	1.8	0.33	2.17	0
	Nombre de réponses	6	5	4	4	6	5	3	6	4
<i>Todaropsis eblanae</i>	Moyenne pondérée	0.75	0.75	1.33	1.4	0	1.75	0	1.5	0.5
	Nombre de réponses	4	4	3	5	4	4	2	4	4
<i>Trachinus draco</i>	Moyenne pondérée	1.83	1.6	1.8	1.8	0.17	0.5	1	0.67	0
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	6	3
<i>Trachurus mediterraneus</i>	Moyenne pondérée	0.57	1.17	1.6	2	0.17	1.83	0.33	2.33	0
	Nombre de réponses	7	6	5	5	6	6	3	6	4
<i>Trachurus trachurus</i>	Moyenne pondérée	0.57	1.17	1.6	2	0.17	1.67	0.33	2.33	0
	Nombre de réponses	7	6	5	5	6	6	3	6	4
<i>Trigla lyra</i>	Moyenne pondérée	1.4	1.5	1.8	1.8	0.17	0.5	1	0.67	0
	Nombre de réponses	5	4	5	5	6	4	3	6	3
<i>Trisopterus capelanus</i>	Moyenne pondérée	0.75	1	1.4	2	0.17	0.75	1	1.8	0
	Nombre de réponses	4	5	5	5	6	4	3	5	3
<i>Veretillum cynomorium</i>	Moyenne pondérée	2.83	2.83	0.5	1.75	0.17	0.2	0.33	1.5	2.8
	Nombre de réponses	6	6	4	4	6	5	3	6	5
<i>Zeus faber</i>	Moyenne pondérée	1.5	1.6	1.8	2	0.17	0.75	1	1.83	0
	Nombre de réponses	6	5	5	5	6	4	3	6	3