

# Évaluation de la connectivité planctonique du réseau d'aires marines protégées en Manche

*Morgane Travers-Trolet, Marieke  
Froissart et Marie Savina-Rolland*



**PANACHE**

Cohérence

Protected Area Network Across  
the Channel Ecosystem

# Évaluation de la connectivité planctonique du réseau d'aires marines protégées en Manche

## Coherence

Prepared on behalf of / Établi par



by / par

Morgane Travers-Trolet, Marieke Froissart et Marie Savina-Rolland

Contact : Morgane Travers-Trolet ([morgane.travers@ifremer.fr](mailto:morgane.travers@ifremer.fr))  
Marie Savina-Rolland ([marie.savina.rolland@ifremer.fr](mailto:marie.savina.rolland@ifremer.fr))

In the frame of / dans le cadre de



Citation : Travers-Trolet, M., Froissart, M., Savina-Rolland M. 2015. Évaluation de la connectivité planctonique du réseau d'aires marines protégées en Manche. Rapport préparé par l'IFREMER pour le Projet « Protected Network Across the Channel Ecosystem » (PANACHE).

Projet financé par le programme INTERREG programme France (Manche) Angleterre », 80 pg

Photo de couverture: Julie Hatcher, Dorset Wildlife Trust



La présente publication est soutenue par l'Union européenne (FEDER, Fonds Européen de Développement Régional), dans le cadre du programme européen de coopération transfrontalière INTERREG IVA France (Manche) – Angleterre, selon l'Objectif 4.2. « Assurer le développement environnemental durable de l'espace commun » et l'Objectif spécifique 10 « Assurer une gestion équilibrée de l'environnement et sensibiliser aux problématiques environnementales ». Son contenu est sous l'entière responsabilité du ou des auteur(s) et ne reflète pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne. Toute reproduction, même partielle, de la présente publication sans le consentement de son auteur est strictement interdite. La reproduction à visée non commerciale, et notamment éducative, est autorisée sans nécessiter une autorisation écrite, sous réserve que la source y figure. Toute reproduction à visée commerciale, et notamment destinée à la vente, sans autorisation écrite préalable de l'auteur est strictement interdite.

# Assessing the Planktonic Connectivity of the Channel MPA Network

Evaluation de la connectivité planctonique du réseau d'aires marines protégées en Manche

## ABSTRACT

While Work Package 1 of the PANACHE project aims at assessing the ecological coherence of the current network of MPAs designated to date across the Channel area, the current report studies more particularly the planktonic connectivity among the Channel MPA network through the simulation of eggs and larvae drift by Lagrangian models. Two complementary approaches were used: the first one considers as many species as possible but with a coarse representation of biological processes, and the second approach focuses on MPA connectivity through the larval transport of the well-known common sole species, for which knowledge of biological processes and associated parameters exist. Results allow the identification of clusters of highly connected MPAs that should be managed together, or conversely isolated areas for which local management measures will prevail. Finally, areas of cross-Channel connectivity appear to be limited, and concern mostly species with long larval transport.

**KEYWORDS:** connectivity, larval transport, particle tracking IBM, Channel MPA network

## RÉSUMÉ

Si l'axe de travail 1 du projet PANACHE a pour objectif d'évaluer la cohérence écologique du réseau actuel d'AMP dans l'espace Manche, ce rapport étudie plus en détail la connectivité planctonique du réseau d'AMP de la Manche grâce à la simulation du déplacement des oeufs et des larves par des modèles lagrangiens. Deux approches complémentaires ont été utilisées : la première examine autant d'espèces que possible mais avec une représentation grossière des processus biologiques, et la seconde approche se concentre sur la connectivité des AMP par le transport au stade larvaire de l'espèce commune de la sole pour laquelle les processus biologiques et les paramètres associés sont parfaitement connus. Les résultats permettent d'identifier des ensembles d'AMP très connectées qui devraient bénéficier d'une gestion commune ou, au contraire, des aires isolées pour lesquelles des mesures de gestion locales sont plus appropriées. Enfin, les aires de connectivité transmanche semblent être limitées et concernent surtout des espèces avec un transport larvaire sur de longues distances.

**MOTS-CLÉS :** connectivité, transport au stade larvaire, modèle individu-centré de suivi de particules, réseau d'AMP de la Manche

## Table des matières

I. Introduction .....	1
II. Méthodologie .....	2
2.1 L'approche générique.....	3
2.1.1 Étendue du réseau d'AMP de la Manche observée .....	3
2.1.2 Ensemble d'espèces observées.....	7
2.1.3 Description du modèle .....	9
a. Caractéristiques du transport des particules et du comportement larvaire .....	11
b. Temporisation et durée de la simulation .....	12
2.2 L'approche détaillée : l'étude de cas de la sole .....	13
2.2.1 Modélisation hydrodynamique.....	13
2.2.2 Frai.....	13
a. Nombre interannuel d'œufs .....	13
b. Saison et pic de frai .....	13
c. Répartition spatiale .....	13
2.2.3 Modélisation par des particules .....	14
a. Traits de vie de particules dérivantes .....	14
b. Implantation des larves et fin des simulations .....	15
III. Résultats .....	17
3.1 L'approche générique.....	17
3.1.1 Connectivité dans le réseau d'AMP pour chaque espèce.....	17
3.1.2 Schémas saisonniers de connectivité entre les AMP.....	27
3.2.3 Vue intégrative des résultats .....	32
3.3 L'approche détaillée : le cas d'étude de la sole .....	34
3.3.1 Réseau d'AMP.....	35
3.3.2 Connectivité entre les AMP et les lieux de ponte .....	36
IV Discussion .....	48
V Recommandations.....	51
Références.....	52
Appendix .....	54

## Liste des Figures

Figure 1 : La zone d'étude de PANACHE mettant en avant les différents types de désignation d'AMP au sein du réseau. ....	3
Figure 2 : Emplacement des 53 zones observées au cours de cette étude, après fusion des AMP se chevauchant et suppression des AMP trop petites ou situées dans des aires protégées à terre. Voir Tableau 1 pour les détails. ....	4
Figure 3 : Représentation du domaine observé (à gauche) et des courants tels que simulés par MARS-3D (à droite). ....	10
Figure 4 : Interface graphique du logiciel Ichthyop 3.2b .....	11
Figure 5 : Répartition du nombre total d'œufs frayés en 1982. Les AMP sont représentées en bleu. .	14
Figure 6 : Lieux de ponte de la sole dans la Manche anglaise tels que définis dans le modèle : tous les fonds mous au sein de l'isobathe 20 m. ....	16
Figure 7 : Matrices de connectivité pour des espèces avec libération des œufs au fond. Les matrices de connectivité des espèces sont élaborées à partir d'une moyenne sur l'ensemble de la période de frai (événement de libération tous les 15 jours). La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone i (sur l'axe x) qui sont arrivées en zone k (sur l'axe y) à la fin de la simulation. ....	21
Figure 8 : Matrices de connectivité pour des espèces avec libération des œufs à la surface de la mer. Les matrices de connectivité des espèces sont élaborées à partir d'une moyenne sur l'ensemble de la période de frai (événement de libération tous les 15 jours). La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone i (sur l'axe x) qui sont arrivées en zone k (sur l'axe y) à la fin de la simulation. ....	23
Figure 9 : Matrices de connectivité pour des espèces avec libération des œufs dans la colonne d'eau. Les matrices de connectivité des espèces sont élaborées à partir d'une moyenne sur l'ensemble de la période de frai (événement de libération tous les 15 jours). La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone i (sur l'axe x) qui sont arrivées en zone k (sur l'axe y) à la fin de la simulation. ....	27
Figure 10 : Matrices de connectivité pour Lotidae établies pour chaque événement de libération, de janvier à septembre. La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone i (sur l'axe x) qui sont arrivées en zone k (sur l'axe y) à la fin de la simulation. Le pourcentage de particules retenues dans le réseau d'AMP à la fin de la simulation est également indiqué. ....	29
Figure 11 : Matrices de connectivité pour la Sole établies pour chaque événement de libération, de février à juin. La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone i (sur l'axe x) qui sont arrivées en zone k (sur l'axe y) à la fin de la simulation. Le pourcentage de particules retenues dans le réseau d'AMP à la fin de la simulation est également indiqué. ....	30
Figure 12 : Pourcentage de particules provenant du réseau d'AMP qui sont retenues dans le réseau d'AMP (mais pas nécessairement dans la même AMP) à la fin de la simulation en fonction de la durée de déplacement. Les couleurs représentent les saisons de frai (rouge : été ; orange : automne ; bleu : hiver ; vert : printemps). ....	32
Figure 13 : Matrice de connectivité globale, intégrée pour les 53 groupes d'espèces au cours de leur période de frai. La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone i (sur l'axe x) qui	

sont arrivées en zone k (sur l'axe y) à la fin de la simulation. Les histogrammes en gris indiquent le nombre d'AMP connectées qui reçoivent des particules d'une AMP en particulier (histogramme du haut) ou le nombre d'AMP connectées dont proviennent les particules qui arrivent dans une AMP en particulier (histogramme de droite)..... 33

Figure 14 : Fréquence de connexion entre les AMP. La couleur indique le nombre de groupes d'espèces pour lesquels une connexion entre deux AMP a été observée (quelle que soit l'intensité de la connexion) ..... 34

Figure 15 : Carte des probabilités de survie des larves : pour chaque point sur la grille, la couleur représente la probabilité moyenne sur toutes les années simulées d'implantation réussie dans un lieu de ponte (dans la Manche ou la baie sud de la mer du Nord) pour une particule libérée à partir de ce point. Plus la zone est sombre, plus la probabilité est élevée, le beige représentant une probabilité de 0. Les AMP sont représentées en bleu. .... 35

Figure 16 : Proportion de la quantité totale d'œufs déposée dans la Manche anglaise au sein de chaque AMP (proportions les plus élevées en haut, les plus faibles en bas). .... 36

Figure 17 : Aires marines protégées observées au cours de cette étude (c.-à-d., d'une surface supérieure à 100 km<sup>2</sup>, et au sein des lieux de frai de la sole tels que définis dans le modèle). .... 37

Figure 18 : Lieux de ponte de la sole pris en compte dans le modèle ..... 38

Figure 19 : Proportion de larves déposées dans une AMP donnée et arrivant dans chaque lieu de ponte, avec les années de 1982 à 2006 en abscisse et la proportion de la quantité totale de larves implantées avec succès en ordonnée. .... 39

Figure 20 : Proportion de larves pour un lieu de ponte donné et provenant de l'ensemble des AMP. . 44

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Liste des AMP de la Manche incluses dans les 53 aires observées au cours de cette étude..... 4

Tableau 2 : Examen de la littérature à la recherche de paramètres concernant des espèces de poissons et d'invertébrés (respectivement dans les tableaux de gauche et de droite) pour les simulations de dispersion des larves. Des informations supplémentaires concernant les comportements de frai et/ou larvaires, lorsqu'elles sont disponibles, sont répertoriées à l'Annexe 1.... 8

# I. Introduction

Bien que les AMP françaises et anglaises aient été mises en place individuellement dans la Manche, l'objectif global du projet PANACHE est de développer au niveau transnational une approche plus solide et plus cohérente de la gestion, de la surveillance et de l'engagement des parties prenantes dans les AMP de cette région. L'Axe de travail 1 (WP1), qui aborde le premier de ces aspects, étudie en particulier la cohérence écologique du réseau actuel d'AMP dans l'espace Manche, à l'aide de critères et de méthodes mis en avant par OSPAR (2006, 2008) et d'autres. Les résultats des travaux issus du WP1 sont répertoriés dans un rapport plus complet (Foster et al. 2014). Les critères suivants sont utilisés pour évaluer la cohérence écologique du réseau d'AMP de la Manche : représentativité, réplication, viabilité, adéquation, connectivité et état de gestion (autrefois nommé niveau de protection) (Sciberras, 2013).

En tant que critère de cohérence écologique, la connectivité représente le niveau d'association des populations présentes dans les différentes zones de l'aire de répartition d'une espèce. Comprendre la façon dont les populations et les sites sont connectés est essentiel à la fois à la conception de réseaux d'AMP ayant pour objectif de protéger la biodiversité et au développement de stratégies de conservation en vue de protéger les espèces associées à des habitats fragmentés ou subissant des dégradations (Jones et al., 2008 ; Kritzer et Sale, 2004 ; UNEP-WCMC, 2008).

Cette association peut inclure plusieurs mécanismes à différents stades de vie, tels que la dispersion des larves (œufs, larves ou autres propagules) ou le déplacement des juvéniles ou des adultes, et/ou des associations fonctionnelles entre les communautés, les écosystèmes et les processus écologiques.

Une partie de l'évaluation de la connectivité a été présentée dans le rapport plus complet sur WP1 (Foster et al. 2014), et se base sur une approche par modélisation simplifiée qui se base sur les distances géographiques entre les parcelles d'habitat et les AMP pour fournir des informations préliminaires sur le degré de connexion des aires du réseau d'AMP. Pour parfaire ces résultats, le présent rapport évalue la connectivité des AMP résultant de la dispersion des larves au sein du réseau de la Manche. Contrairement au déplacement des juvéniles et des adultes qui peut dépendre de divers mécanismes selon l'espèce et la saison (recherche de nourriture selon un parcours aléatoire, migration de frai, déplacement selon un gradient de préférence des habitats), la dispersion des larves ne dépend principalement que de l'océanographie dans la plupart des cas. De plus, pour la plupart des espèces marines, les œufs et les larves sont des stades critiques avec des taux de mortalité élevés et représentent le goulot d'étranglement du renouvellement des populations (par ex. Anderson, 1988 ; Leggett et Deblois, 1994). Du point de vue de la conservation, il est essentiel de prendre en compte la dispersion des stades de l'œuf et de la larve lors de la désignation d'AMP dans un réseau cohérent. Un objectif appliqué du présent rapport est d'informer les gestionnaires sur l'origine des œufs et des larves qui parviennent à une aire en particulier, ainsi que sur



la destination potentielle des œufs et des larves produits dans une aire protégée au sein du réseau d'AMP de la Manche. Afin d'évaluer la connectivité du réseau d'AMP de la Manche en termes de dispersion des larves, les études présentées ici reposent sur des modèles d'écoulement lagrangien forcé par les courants et ont pour objectif d'améliorer l'identification des ensembles d'AMP fortement connectés ou, à l'inverse, des aires isolées, ainsi que des aires de connectivité transmanche.

## II. Méthodologie

Un modèle lagrangien ayant pour objectif d'évaluer la connectivité planctonique entre les AMP de la Manche a été utilisé pour simuler la trajectoire des œufs et des larves. Les méthodes de type lagrangien suivent l'évolution d'une particule soumise aux courants et enregistrent son emplacement précis à chaque pas de temps selon la formule :  $P(t+\Delta t) = P(t)+U(P(t))$ , où P représente l'emplacement d'une particule et U un vecteur de courant. Le principal avantage de ces modèles est leur grande flexibilité. Ils permettent par exemple de prendre en compte une grande variété de processus biologiques. Les inconvénients par rapport aux modèles eulériens sont la baisse d'une certaine cohérence et la nécessité d'avoir recours à des temps d'enregistrement importants et des tests d'étalonnage.

Dans le contexte de l'évaluation de la connectivité d'un réseau d'AMP, deux approches complémentaires ont été utilisées, basées sur une modélisation lagrangienne du déplacement des œufs et des larves. La première approche est une perception holistique de la connectivité planctonique du réseau d'AMP de la Manche où nous essayons de quantifier la connectivité des premiers stades de vie à la dérive dans les AMP pour autant d'espèces que possible. Elle suit l'affirmation selon laquelle les AMP sont censées apporter des bénéfices indirects à l'ensemble de l'écosystème, qui est examinée ici par l'observation d'un grand nombre d'espèces. Les connaissances scientifiques nécessaires au paramétrage du modèle n'étaient pas disponibles pour toutes les espèces observées, ce qui a obligé à simplifier la représentation des processus biologiques dans cette approche multi-espèces. À l'inverse, la seconde approche enregistrait la connectivité du réseau d'AMP de la Manche pour une espèce bien connue, la sole commune (*Solea solea*), pour laquelle une littérature abondante permet d'obtenir une représentation plus fine des processus biologiques et des résultats plus spécifiques.



## 2.1 L'approche générique

### 2.1.1 Étendue du réseau d'AMP de la Manche observée

Le réseau d'AMP de la Manche est composé de plusieurs catégories d'aires protégées, notamment des aires ayant une composante terrestre. Parmi les 222 AMP identifiées dans la Manche (Foster et al. 2014, Figure 1), certaines sont trop petites ou situées trop dans les terres pour être utilisées dans le cadre de cette étude de modélisation. De fait, l'utilisation d'un modèle hydrodynamique limite à la fois la couverture dans les terres et la résolution spatiale des AMP qui peuvent être incluses. Les frontières et la résolution spatiale du modèle hydrodynamique utilisé ici (modèle MARS-3D, voir ci-dessous) nous permettent de n'observer que 100 AMP.

De plus, comme cela a déjà été décrit dans le rapport sur le WP1 du projet PANACHE (Foster et al. 2014), certaines AMP se chevauchent et doivent être fusionnées pour l'étude actuelle. Étant donné que notre objectif était d'évaluer la connectivité entre les AMP, nous avons décidé de considérer les aires présentant un chevauchement important comme une unique zone d'étude. En effet, lors de l'étude de la connectivité, nous n'avons pris en compte que la position géographique et les caractéristiques physiques (habitat, température de l'eau, profondeur) des AMP. Les effets de la protection prévus et provenant de mesures de conservation établies par la loi ne sont pas étudiés ici, donc deux aires ayant des frontières géographiques identiques ne présenteront aucune différence dans cette étude. Le regroupement des aires se chevauchant nous a permis de déterminer 53 zones de lâcher des premiers stades de vie (voir Tableau 1 et Figure 2).

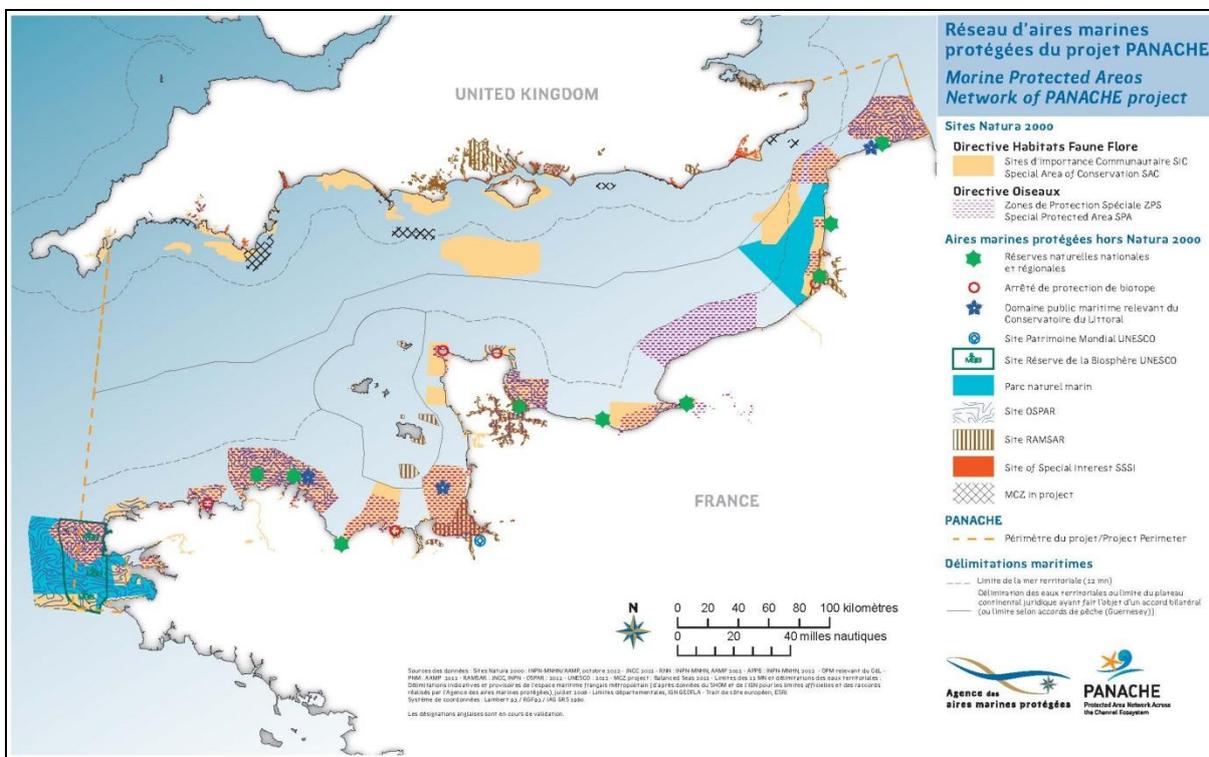


Figure 1 : La zone d'étude de PANACHE mettant en avant les différents types de désignation d'AMP au sein du réseau.

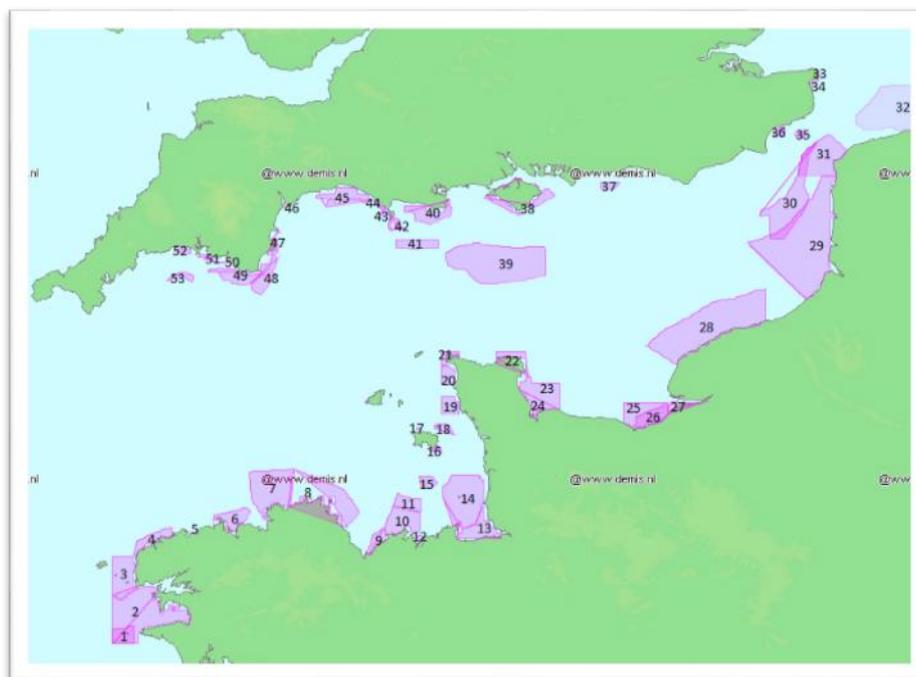


Figure 2 : Emplacement des 53 zones observées au cours de cette étude, après fusion des AMP se chevauchant et suppression des AMP trop petites ou situées dans des aires protégées à terre. Voir Tableau 1 pour les détails.

Tableau 1 : Liste des AMP de la Manche incluses dans les 53 aires observées au cours de cette étude.

Numéro de zone	Pays	Nom	Type	Chevauchement (Oui / Non)
1	FR	Parc marin d'Iroise	Parc naturel marin	Non
2	FR	Iroise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone marine protégée</li> <li>• parc naturel marin</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
3	FR	Ouessant - Molène	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Oui
4	FR	Abers - côtes des Légendes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
5	FR	Anse Goulven - dunes de Keremma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
6	FR	Baie de Morlaix	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
7	FR	côte de granit rose - Sept-îles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Oui
		Sept-îles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> <li>• OSPAR</li> <li>• réserve naturelle nationale</li> </ul>	

8	FR	Trégor - Goëlo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
9	FR	Baie de Saint-Brieuc est	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Oui
10	FR	Baie de Saint-Brieuc cap d'Erquy - cap Fréhel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réserve naturelle nationale</li> <li>• OSPAR</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
11	FR	cap d'Erquy - cap Fréhel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Non
12	FR	îles de la Colombière, de la Nellière	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Non
13	FR	Baie du Mont-Saint-Michel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• RAMSAR</li> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Oui
14	FR	Chausey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Oui
15	Îles Channel	Les Minquiers, Jersey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAMSAR</li> </ul>	Non
16	Îles Channel	SE Coast, Jersey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAMSAR</li> </ul>	Non
17	Îles Channel	Les Pierres de Lecq, Jersey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAMSAR</li> </ul>	Non
18	Îles Channel	Les Ecrehou and Les Dirouilles, Jersey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAMSAR</li> </ul>	Non
19	FR	banc et récifs de Surtainville	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
20	FR	anse de Vauville	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
21	FR	récifs et landes de la Hague	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
22	FR	récifs et marais arrière	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Oui
23	FR	baie de Seine occidentale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OSPAR</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• OSPAR</li> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Oui
24	FR	marais du Cotentin et du Bessin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Oui
		marais du Cotentin et du Bessin - baie de Veys	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OSPAR</li> <li>• RAMSAR</li> </ul>	
		domaine de Beauguillot	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réserve naturelle nationale</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	
		basses vallées du Cotentin et baie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	
25	FR	baie de Seine orientale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
26	FR	littoral augeron	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Non

27	FR	estuaire et marais de la basse Seine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Oui
		estuaire de la Seine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réserve naturelle nationale</li> <li>• OSPAR</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	
28	FR	littoral seino-marin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Non
29	FR	estuaires picards et mer d'Opale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parc naturel marin</li> </ul>	Oui
		estuaires et littoral picards	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	
		estuaires picards : baie de somme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	
30	FR	ridens et dunes hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Non
31	FR	écifs Gris-Nez Blanc-Nez	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> </ul>	Oui
		Cap Gris-Nez	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	
32	FR	Bancs des Flandres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OSPAR</li> <li>• Site d'importance communautaire (N2000, DHFF)</li> <li>• Zone de protection spéciale (N2000, DO)</li> </ul>	Oui
33	GBR	Thanet Coast	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation</li> </ul>	Non
34	GBR	Thanet Coast and Sandwich Bay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de protection spéciale ; OSPAR ; RAMSAR</li> </ul>	Non
35	GBR	Folkestone Pomerania	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
36	GBR	Hythe Bay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
37	GBR	Kingmere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
38	GBR	South Wight Maritime	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation ; OSPAR</li> </ul>	Non
39	GBR	Wight - Barfleur Reef	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation candidate</li> </ul>	Non
40	GBR	Studland to Portland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation candidate</li> </ul>	Non
41	GBR	South Dorset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
42	GBR	Studland to Portland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation candidate</li> </ul>	Non
43	GBR	Chesil Beach and Stennis Ledges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
44	GBR	Chesil Beach and the Fleet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation</li> <li>• OSPAR</li> <li>• Zone de protection spéciale</li> <li>• RAMSAR</li> <li>• Site d'intérêt scientifique particulier</li> </ul>	Oui
45	GBR	Lyme Bay and Torbay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'Importance Communautaire</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
46	GBR	Exe Estuary	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'intérêt scientifique particulier</li> <li>• Zone de protection spéciale</li> <li>• OSPAR</li> <li>• RAMSAR</li> </ul>	Oui
47	GBR	Lyme Bay and Torbay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'Importance Communautaire</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
48	GBR	Skerries Bank and surrounds	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
49	GBR	Start Point to Plymouth Sound and Eddystone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'Importance Communautaire</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui
50	GBR	Start Point to Plymouth Sound and Eddystone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'Importance Communautaire</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui



51	GBR	Plymouth Sound and Estuaries	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone spéciale de conservation</li> <li>• OSPAR</li> <li>• Site d'intérêt scientifique particulier</li> </ul>	Oui
52	GBR	Whitsand and Looe Bay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de conservation marine</li> </ul>	Non
53	GBR	Start Point to Plymouth Sound and Eddystone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site d'Importance Communautaire</li> <li>• OSPAR</li> </ul>	Oui

### 2.1.2 Ensemble d'espèces observées

Bien que certaines des AMP de la Manche disposent d'objectifs de conservation spécifiques, n'importe laquelle des mesures de conservation prises (à l'exception peut-être de la protection des colonies d'oiseaux) peut indirectement profiter à d'autres espèces et d'autres AMP du réseau par le biais de processus de dispersion actifs ou passifs. Afin de prendre en compte le transport passif des stades de vie planctonique, nous nous sommes efforcés d'évaluer la connectivité entre les AMP pour le plus d'espèces que possible. Cependant, étant donné la méthodologie utilisée, nous avons dû faire face à certaines contraintes concernant le choix des espèces à observer :

- Les espèces intertidales ne seraient pas très bien représentées dans le modèle (en raison des incertitudes liées à des problèmes de frontière, ainsi que de la résolution spatio-temporelle assez faible du modèle pour ces espèces)
- Certaines espèces ne s'appuient pas sur la dispersion par le courant aux stades larvaires, et la connectivité entre les AMP de ces espèces ne peut donc être établie à partir de simulations de dispersion des larves
- Les informations nécessaires au paramétrage du modèle ne sont pas toujours disponibles pour toutes les espèces

En prenant en compte ces contraintes, nous avons organisé un examen de la littérature pour un ensemble de 158 espèces présentes dans la Manche afin de déterminer, lorsque cela était possible, les informations suivantes pour chaque espèce :

- La période de frai (afin de déterminer l'instant de libération des particules dans le modèle)
- La profondeur de frai (afin de paramétrer la profondeur de libération des particules dans le modèle)
- La durée des stades d'œuf et de larve (afin d'estimer la durée d'écoulement du modèle)
- La possibilité de connaître la densité de l'œuf et/ou le comportement larvaire (y compris la migration verticale)
- La répartition possible des adultes dans la Manche (afin de déterminer les aires à privilégier pour la libération des particules dans le modèle)
- Les habitats privilégiés (afin de déterminer les aires de libération potentielle et les aires de recrutement préférentiel)

Pour quelques espèces (par ex. sole et coquille Saint Jacques), certaines études concernant la dispersion des larves ont déjà été entreprises (Rochette et al. 2012 ; Nicolle et al.



2013), par conséquent, leur comportement est bien connu, en particulier en matière de migration verticale, d'habitats privilégiés et d'emplacement des œufs dans la Manche. Cependant, pour la plupart des espèces, l'état actuel des connaissances ne nous a pas permis de recueillir toutes les informations mentionnées ci-dessus. Étant donné que l'objectif de l'étude de connectivité actuelle est d'évaluer la cohérence écologique du réseau d'AMP de la Manche pour autant d'espèces que possible, nous n'avons utilisé que le minimum d'informations nécessaires à la simulation de la dispersion des larves : durée des stades d'œuf et de larve, ainsi que profondeur et période de frai. De plus, nous avons regroupé certaines espèces qui étaient considérées comme ayant une dispersion similaire des larves (à la fois en termes de durée et de frai) afin de pouvoir utiliser des paramètres provenant d'espèces associées. Nous avons ainsi obtenu 53 groupes d'espèces pour lesquels nous pouvions mettre en place des simulations de dispersion des larves (Tableau 2).

*Tableau 2 : Examen de la littérature à la recherche de paramètres concernant des espèces de poissons et d'invertébrés (respectivement dans les tableaux de gauche et de droite) pour les simulations de dispersion des larves. Des informations supplémentaires concernant les comportements de frai et/ou larvaires, lorsqu'elles sont disponibles, sont répertoriées à l'Annexe 1.*

Nom latin	Saison de frai	Profondeur de frai	Durée de dispersion
Ammodytidae	décembre à janvier	Fond	90 jours
Aspitrigla cuculus	avril à aout	Surface	24 jours
Buglossidium luteum	mai à aout	Surface	24 jours
Callionymidae	avril à aout	Surface	7 jours
Chelidonichthys gurnardus	février à aout	Colonne d'eau	13 jours
Clupea harengus	décembre à février	Fond	60 jours
Dicentrarchus labrax	février à juin	Colonne d'eau	35 jours
Echiichthys vipera	juin à aout	Colonne d'eau	18 jours
Engraulis encrasicolus	avril à aout	Surface	34 jours
Gadus morhua	décembre à mai	Fond	167 jours
Limanda	février à avril	Fond	20 jours
Lotidae	janvier à septembre	Colonne d'eau	120 jours
Merlangius merlangus	mars à juin	Colonne d'eau	30 jours
Microstomus kitt	mars à aout	Surface	12 jours

Nom latin	Saison de frai	Profondeur de frai	Durée de dispersion
Aequipecten opercularis	juin à octobre	Fond	35 jours
Alcyonium digitatum	décembre à février	Fond	17 jours
Ascidacea	mai à octobre	Fond	2 jours
Asterias rubens	février à avril	Colonne d'eau	90 jours
Astropecten irregularis	mai à juin	Colonne d'eau	30 jours
Cancer pagurus	novembre à janvier	Fond	60 jours
Crangon	mars à décembre	Fond	49 jours
Crepidula fornicata	février à septembre	Fond	30 jours
Flustra foliacea	aout à avril	Fond	90 jours
Homarus gammarus	juillet à décembre	Fond	30 jours
Hyas	aout à septembre	Fond	85 jours
Hydrozoa	octobre à février	Fond	3 jours
Inachus	janvier à juin	Fond	105 jours
Liocarcinus depurator	janvier à juin	Fond	55 jours

Mullus surmuletus	mai à juillet	Colonne d'eau	40 jours
Platichthys flesus	février à juin	Colonne d'eau	17 jours
Pleuronectes platessa	décembre à mars	Surface	70 jours
Sardina pilchardus	mars à aout et septembre à décembre	Colonne d'eau	16 jours
Scomber scombrus	juin à juillet	Surface	26 jours
Solea solea	février à juin	Colonne d'eau	25 jours
Spondyliosoma cantharus	avril à septembre	Fond	70 jours

Liocarcinus holsatus	avril à aout	Fond	55 jours
Macropodia	toute l'année	Fond	30 jours
Maja brachydactyla	mars à juin	Fond	21 jours
Metridium senile	aout à septembre	Colonne d'eau	32 jours
Necora puber	octobre à janvier et mai à juin	Fond	39 jours
Opisthobranchia	mars à juin	Colonne d'eau	23 jours
Ostrea edulis	juin à octobre	Colonne d'eau	24 jours

Tableau 2 : suite

Nom latin	Saison de frai	Profondeur de frai	Durée de la dispersion
Sprattus sprattus	décembre à mars	Colonne d'eau	25 jours
Trachurus trachurus	mai à septembre	Colonne d'eau	18 jours
Trisopterus luscus	février à juin	Colonne d'eau	25 jours
Trisopterus minutus	février à mai	Fond	17 jours
Zeus faber	juin à aout	Colonne d'eau	25 jours

Nom latin	Saison de frai	Profondeur de frai	Durée de la dispersion
Pagurus bernhardus	décembre à mars	Fond	35 jours
Pagurus prideaux	toute l'année	Fond	30 jours
Pecten maximus	mai à septembre	Colonne d'eau	37 jours
Psammechinus miliaris	avril à septembre	Colonne d'eau	70 jours
Sponges	avril à novembre	Colonne d'eau	5 jours
Urticina	avril à juin	Colonne d'eau	8 jours

### 2.1.3 Description du modèle

Afin de simuler la dispersion des larves, nous utilisons le modèle lagrangien Ichthyop, forcé par des résultats aérodynamiques provenant du modèle MARS-3D. Les particules représentant des œufs et/ou des larves ont été libérées dans le cadre de ce modèle et leur emplacement a été suivi à chaque pas de temps jusqu'à la fin de la simulation.

Le modèle MARS-3D (Lazure et Dumas, 2008), développé par l'IFREMER, a été utilisé dans cette étude pour le domaine défini par les latitudes de 47° et 52°N, et les longitudes de 5,865°O et 2,6°E (Figure 3). Le modèle hydrodynamique MARS-3D fournit des données d'entrée au modèle Ichthyop d'écoulement des larves et modélise, en particulier, à l'aide de calculs instantanés ou de moyennes, les variables suivantes :

- les champs des courants horizontaux (composantes U et V) et les restes eulériens
- l'élévation d'eau, les niveaux moyens et les composantes harmoniques de la marée
- la salinité
- les composantes de décharge
- le transport des sédiments et la sédimentation.

La configuration MARS-3D utilisée dans cette étude est caractérisée par une résolution spatiale de 4 km, 30 couches verticales et trois processus utilisés pour l'enregistrement des courants : marée, vent et gradient de densité (établi à partir de la température de l'eau et de la salinité). Bien que plusieurs années de prévision a posteriori aient été simulées avec MARS-3D, nous n'utilisons que les résultats du modèle correspondant à l'année 2012 pour l'étude actuelle, en raison des limitations en temps d'enregistrement.

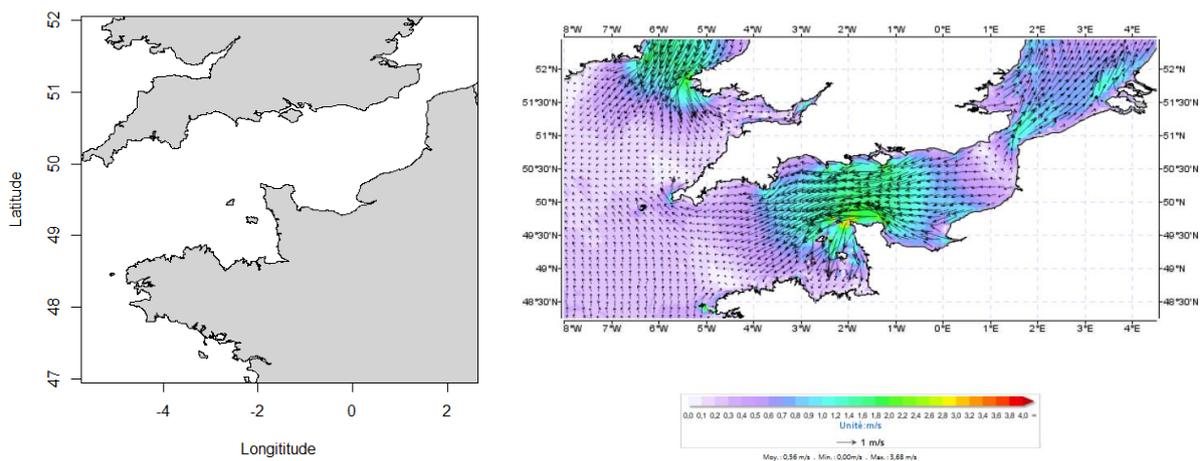


Figure 3 : Représentation du domaine observé (à gauche) et des courants tels que simulés par MARS-3D (à droite).

*Ichthyop* est un modèle individu-centré d'écoulement de larves, développé par Lett *et al.* (2008). Ce logiciel, écrit en langage Java, est un outil lagrangien de modélisation de l'ichthyoplancton. Il permet de simuler des trajectoires individuelles dans une zone donnée, à l'aide de variables forçantes fournies par un modèle hydrodynamique (MARS-3D dans le cas présent) par le biais de fichiers de saisie NetCDF. En plus de l'écoulement des larves, cet outil peut intégrer diverses applications, telles que la simulation de la flottaison des œufs, de la croissance des larves (en fonction de la température et/ou de la disponibilité de la nourriture), du comportement de dispersion horizontale ou verticale et du comportement des migrations verticales. Le frai peut être simulé selon deux schémas de répartition spatiale, soit selon une répartition aléatoire dans une zone délimitée, soit selon des

positions et des profondeurs déterminées par l'utilisateur (par exemple, pour le frai à la surface de la mer ou au fond).

Le logiciel dispose d'une interface graphique qui permet à l'utilisateur de déterminer les paramètres de la simulation et de visualiser les résultats simulés via des animations, en sélectionnant par exemple une variable intéressante en particulier (taille, stade de développement, température, etc.) (Figure 4). Il est également possible d'utiliser le modèle à l'aide de lignes de commande sur un terminal, une option qui a été utilisée ici lors du lancement de plusieurs simulations en parallèle sur l'ensemble de calcul « Caparmor » de l'IFREMER. Les résultats simulés sont enregistrés au format NetCDF lisible par des logiciels d'analyse de données tels que R ou Matlab. Les variables sont mises à jour à chaque pas de temps (200 s pour cette étude) et interpolées entre deux pas de temps.

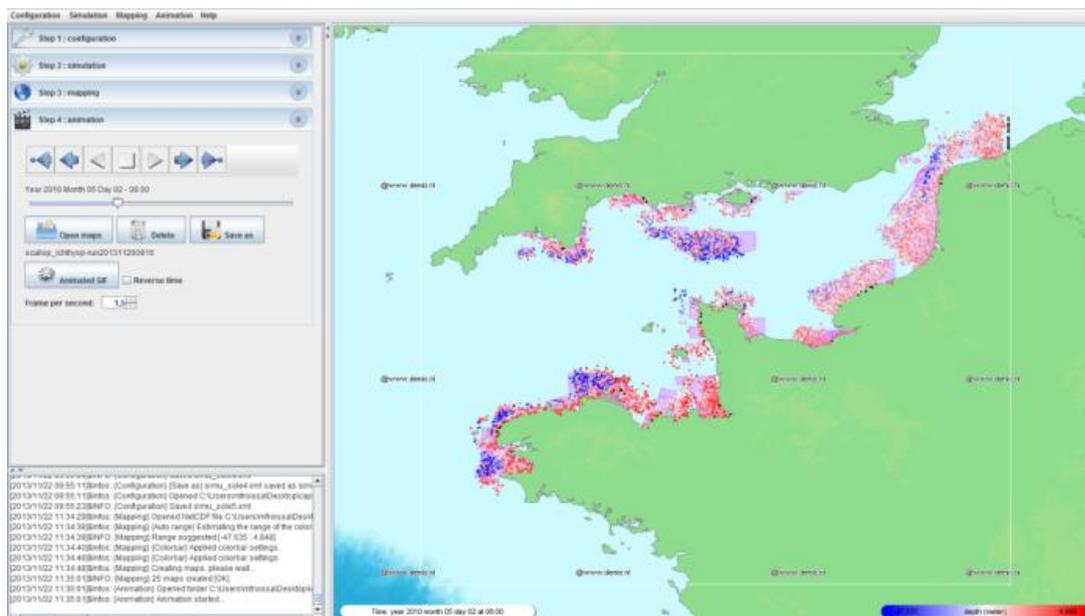


Figure 4 : Interface graphique du logiciel Ichthyop 3.2b

#### a. Caractéristiques du transport des particules et du comportement larvaire

Des simulations de transport passif ont été effectuées en ne prenant en compte que l'advection due aux courants et la dispersion horizontale. Pour l'advection, des estimations numériques impliquaient la méthode de base d'approximation d'Euler, qui permet de résoudre des équations différentielles de premier ordre. En ce qui concerne la dispersion horizontale, le taux de dissipation a été établi à la valeur standard de  $10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ . L'on suppose que les particules s'échouent lorsqu'elles arrivent sur la côte. En raison d'un manque d'informations précises, la migration verticale des individus n'a pas été prise en compte, pas plus que la flottaison des œufs ou tout effet du vent sur l'écoulement de surface des particules. Les particularités des espèces n'ont pas été prises en compte lors du transport des particules, mais plutôt lors de la phase de libération et pendant toute la durée de la simulation.

## **b. Temporisation et durée de la simulation**

Pour chaque espèce ou groupe d'espèces, les simulations sont effectuées tous les 15 jours au cours de leur période de frai. Pour chaque simulation, 50 000 individus sont libérés dans les AMP de la Manche, ce chiffre étant un compromis entre la précision de la simulation, sa temporisation et la mémoire nécessaire. La densité des particules libérées était constante, c'est-à-dire que le nombre de particules libérées était proportionnel à la taille de l'AMP. La durée de la simulation correspondait à la durée d'incubation de l'œuf (s'ils se déplacent) et à la durée des stades larvaires.

En raison du manque d'informations concernant les lieux de frai et les habitats de recrutement, la densité des particules libérées ne pouvait correspondre au schéma de libération réellement observé sur toute la zone de la Manche anglaise. Il s'agit donc plutôt ici d'évaluer un schéma de connectivité potentielle pour chacune des espèces de l'ensemble du réseau d'AMP.



## 2.2 L'approche détaillée : l'étude de cas de la sole

Cette section aborde l'utilisation d'un modèle de transport de larves de sole existant afin d'étudier la connectivité entre les AMP et les lieux de ponte de la sole. Les paragraphes qui suivent fournissent des détails concernant ce modèle mais, pour en savoir plus, veuillez vous référer à Rochette et al (2012).

### 2.2.1 Modélisation hydrodynamique

Le modèle de circulation dans les océans en trois dimensions (3D) MARS (hydrodynamic Model for Application at Regional Scale, Modèle hydrodynamique pour une application à une échelle régionale ; Lazure et Dumas, 2008) a été utilisé pour simuler les hydrodynamiques de la Manche à l'est et à l'ouest, ainsi que de la région sud de la mer du Nord pendant 26 ans (1982–2007). Le modèle reposait sur une résolution horizontale de 4 km avec 30 couches sigma verticales. Un pas de temps d'environ 2 min a permis au modèle de passer outre les forts courants de marée qui se produisent dans la Manche pour ce qui est des critères de stabilité.

### 2.2.2 Frai

#### a. Nombre interannuel d'œufs

Le nombre total d'œufs libérés chaque année dans la zone a été calculé à partir : du nombre d'adultes de chaque âge, du ratio des sexes, du nombre d'œufs par femelle et de la proportion de femelles matures (ICES, 2010).

#### b. Saison et pic de frai

Dans la Manche de l'est, la période de frai de la sole débute en février-mars lorsque la température de l'eau en surface atteint 7 °C, et se termine en juin avec un pic de frai en avril-mai, lié à la température de surface de la mer. Pour chaque année, une courbe en cloche a été dessinée à partir d'un modèle établi sur la base de l'étude menée sur les œufs en 1991 dans la Manche de l'est par le Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Centre pour l'environnement, les pêcheries et l'aquaculture) du Royaume-Uni (réf. dans Rochette et al, 2012). Selon la bibliographie, une précession fixe de 15 jours a été établie pour la Manche de l'ouest, tandis qu'un décalage de 31 jours a été appliqué en mer du Nord (réfs. dans Rochette et al, 2012).

#### c. Répartition spatiale

Selon les informations disponibles (études menées sur les œufs décrites dans Rochette et al, 2012), la répartition spatiale relative des œufs varie au cours de la saison de frai mais l'on suppose qu'elle reste constante au cours des années.

Le nombre d'œufs frayés dans une cellule donnée de la grille à une date donnée d'une année donnée est le produit : (1) du nombre total d'œufs frayés au cours de cette année (variable), (2) de la proportion d'œufs frayés à cette date (variable), et (3) de la proportion d'œufs frayés dans cette cellule à cette époque de l'année (constante). Par conséquent, bien que la répartition spatiale relative des œufs soit constante d'année en année, la répartition absolue varie car (1) le nombre d'œufs frayés par an varie ; (2) la période du frai varie.

Dans le cas de ce projet, la distribution des œufs obtenue a été superposée à la carte des AMP afin d'extraire le nombre d'œufs frayés au sein de chacune d'elles (Figure 5). À cet effet, nous n'avons pris en compte que les AMP d'une surface supérieure à 100 km<sup>2</sup>.

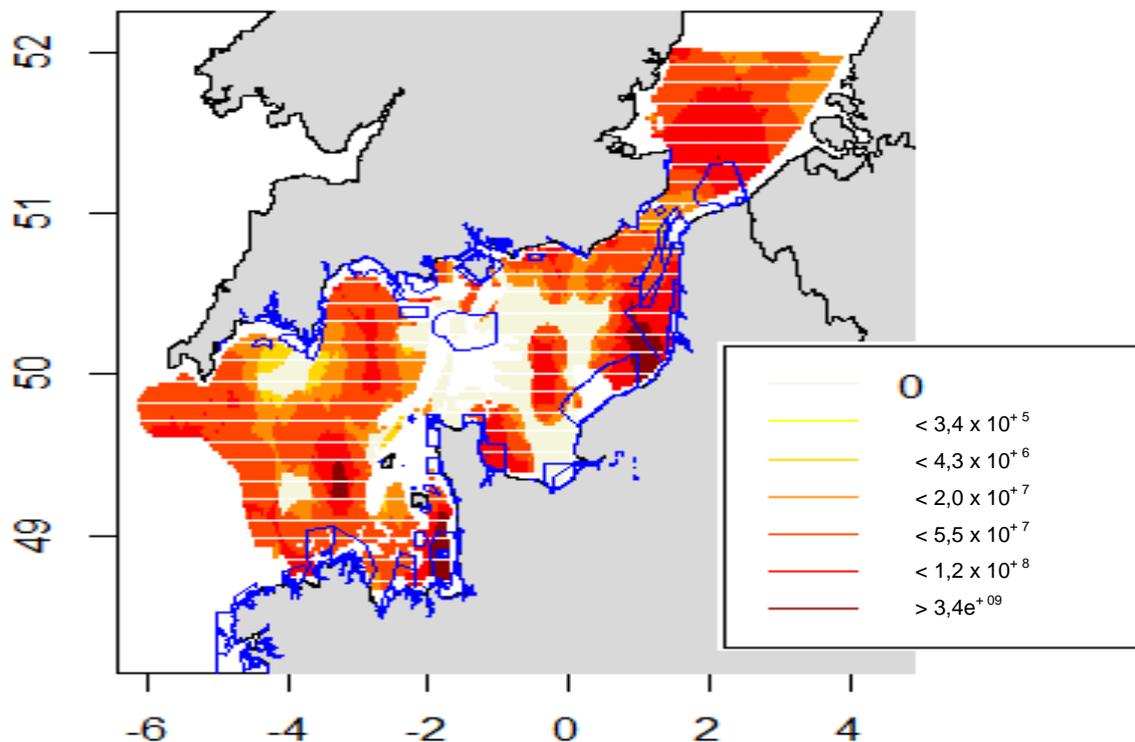


Figure 5 : Répartition du nombre total d'œufs frayés en 1982. Les AMP sont représentées en bleu.

### 2.2.3 Modélisation par des particules

Un module de suivi des particules a été associé en ligne au modèle hydrodynamique en 3D avec une trajectoire aléatoire afin de prendre en compte le brassage turbulent vertical. Ce module comportait un cadre de modélisation individu-centré simulant les trajectoires et les traits de vie des particules libérées des zones de frai jusqu'aux lieux de ponte.

#### a. Traits de vie de particules dérivantes

Le statut de la particule est passé au cours de l'écoulement par cinq stades de développement successifs : œufs transportés passivement, larves transportées passivement au stade de développement 1, larves migrant verticalement à partir du stade 2, larves en cours de métamorphose et larves implantées. Les transitions entre ces stades de développement de taille spécifique et les taux de mortalité dépendent de la température de l'eau le long des trajectoires. Des détails

sont fournis ci-après sur la modélisation des différents stades, mais veuillez vous référer à Rochette et al (2012) pour en savoir plus.

Œufs -> Larves 1 : Quatre stades de développement des œufs ont été identifiés. La durée des stades des œufs dépend de la température. Les œufs ont tendance à remonter vers la surface au cours des trois premiers stades de développement par flottaison mais ils sont également soumis à un brassage vertical en raison de la trajectoire aléatoire du modèle. L'advection verticale est totalement passive pour le quatrième stade de développement.

La survie des œufs dépend de la température ainsi que du diamètre de l'œuf (lié à l'âge des femelles et à la période de frai).

Larves 1 -> Métamorphose : La durée du stade larvaire 1 dépend de la température. Les larves sont incapables de nager activement à ce stade.

Au stade 2, les larves acquièrent une capacité à nager et entreprennent des migrations nyctémérales verticales en fonction des seuils de luminosité. Les seuils sont définis en fonction du stade de développement (diminuent avec l'âge). La matière en suspension est prise en compte dans le calcul de la profondeur cible (qui correspond à un seuil de luminosité donné). L'irradiance modélisée est utilisée pour obtenir la luminosité.

La probabilité de survie au cours des stades larvaires dépend d'un taux de mortalité fixe ( $0,09 \text{ jour}^{-1}$ ) et de la durée de l'ensemble du stade larvaire jusqu'à la métamorphose, spécifique à chaque trajectoire.

## b. Implantation des larves et fin des simulations

Des stades 2 à 4, les larves sont capables d'utiliser un transport de flux tidal sélectif combiné à des migrations nyctémérales pour atteindre les côtes (voir réfs dans Rochette et al, 2012). Cependant, ce comportement n'apparaît que lorsque les larves approchent de zones d'implantation (voir réfs dans Rochette et al, 2012). De plus, aucune larve métamorphosée, ni aucun juvénile n'a jamais été trouvé en dehors des zones de ponte (voir réfs dans Rochette et al, 2012), ce qui suggère que les larves meurent lorsqu'elles atteignent la taille de la métamorphose en dehors des zones de ponte. Par conséquent, afin d'éviter la simulation erronée du comportement des larves dans les zones côtières, le modèle a simplement testé si les larves atteignaient la bande côtière avant de se métamorphoser. **Par conséquent, la destination finale des lieux de ponte n'a pas été ciblée et l'approvisionnement en larves a été estimé à l'échelle de chaque zone de ponte dans son ensemble.** C'est pour cette raison que nous ne pouvons en déduire la quantité de larves implantées dans chaque AMP (comme nous l'avions fait pour la zone de frai).

Dans le modèle, les larves sont transportées jusqu'à ce qu'elles atteignent la zone côtière au sein de l'isobathe 20 m avec un fond mou (c.-à-d. un lieu de ponte ; Figure 6) ou jusqu'à ce qu'elles se métamorphosent. Si elles atteignent un lieu de ponte au stade 2 ou plus tard avant la

métamorphose, on considère qu'elles s'établissent dans cette zone mais la mortalité des larves est toujours appliquée jusqu'à la métamorphose. Si elles atteignent la métamorphose en dehors de ces secteurs côtiers, un taux de survie de 0 % est appliqué.

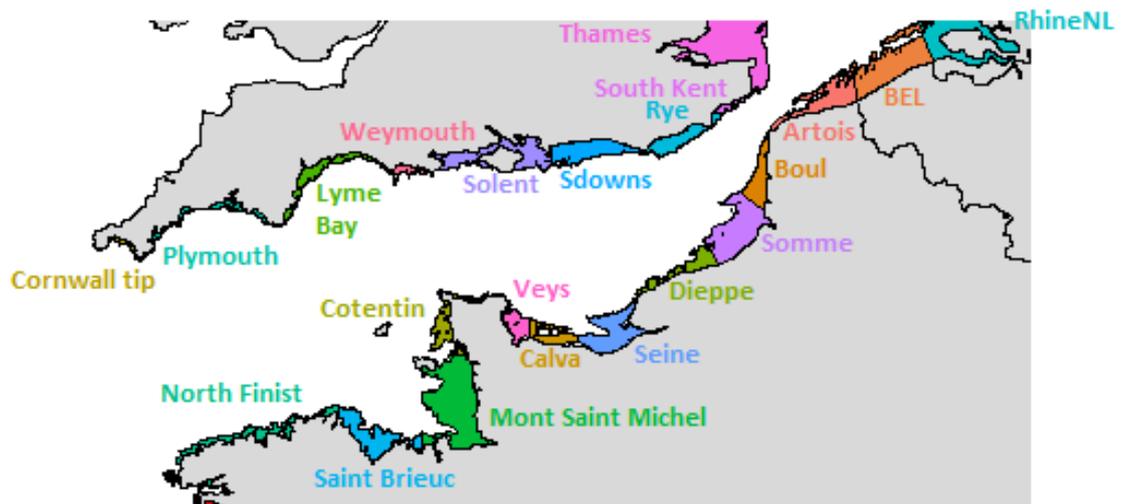


Figure 6 : Lieux de ponte de la sole dans la Manche anglaise tels que définis dans le modèle : tous les fonds mous au sein de l'isobathe 20 m.

## III. Résultats

### 3.1 L'approche générique

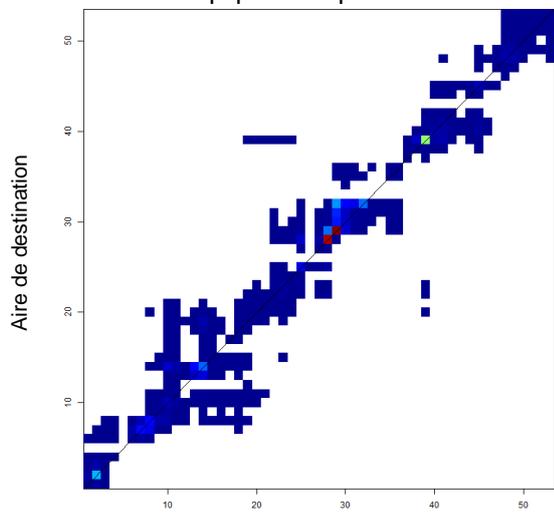
Les résultats sont présentés sous forme de matrices de connectivité, qui représentent la proportion des particules libérées dans la zone  $i$  (sur l'axe des abscisses  $x$ ), qui sont arrivées dans la zone  $k$  (sur l'axe des ordonnées  $y$ ) à la fin de la simulation, c'est-à-dire à la fin de la dispersion. Une valeur élevée sur la diagonale  $i:i$  indique une forte rétention dans l'AMP observée. Les matrices de connectivité ont été établies pour chaque espèce et chaque date de libération (tous les 15 jours au cours de leur période de frai, pour une période de 2 mois à un an selon les espèces observées). Ceci a permis d'obtenir 534 matrices de connectivité, dont une moyenne a été faite par espèce afin de les présenter dans ce rapport (section 3.2.1 ; Figures 5, 6 et 7), mais consultez la section 3.2.2 et ses figures pour avoir des exemples d'évolution saisonnière de la connectivité.

#### 3.1.1 Connectivité dans le réseau d'AMP pour chaque espèce

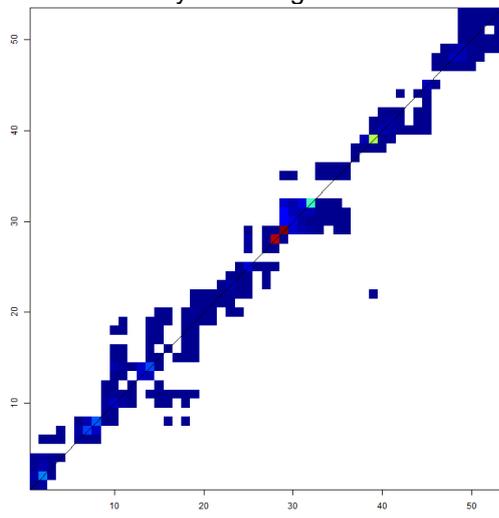
La connectivité entre les AMP diffère en fonction de l'espèce observée, c'est-à-dire qu'elle dépend de la position verticale de la libération des œufs ou des larves (au fond – Figure 7 ; à la surface – Figure 8 ; dans l'ensemble de la colonne d'eau – Figure 9), de la période de libération et de la durée du déplacement. En particulier, on remarque que la connectivité entre les AMP est très faible pour Ascidiacea (Figure 7), qui possède la durée de dispersion la plus faible (seulement 2 jours), et au contraire très élevée pour Lotidae (Figure 9), qui a une durée de dispersion plus importante (120 jours).

Pour les espèces ayant une durée de dispersion assez importante, les matrices de connectivité mettent en avant le rôle de certaines AMP en particulier, telles que l'aire 39 (l'AMP au large Wight - Barfleur Reef), qui permettent des échanges de particules entre la France et le Royaume-Uni. Certaines espèces (par ex. ammonitidae, *Flustra*, *Hyas*, *Inachus*) possèdent des paramètres de dispersion qui pourraient permettre de connecter les AMP françaises de l'ouest aux AMP anglaises de l'ouest (zones 1, 2 et 3, c.-à-d. celles proches du Parc Marin d'Iroise et Ouessant – Molène, vers les zones 49-51 et 53, c.-à-d. Start Point to Plymouth Sound and Eddystone – voir Figure 2 pour l'emplacement de ces zones).

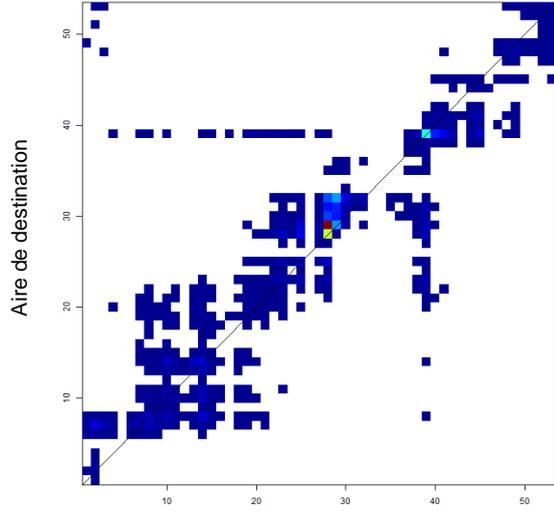
*Aequipecten opercularis*



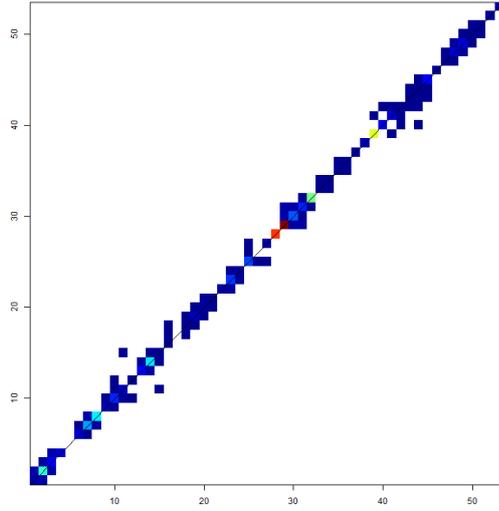
*Alcyonium digitatum*



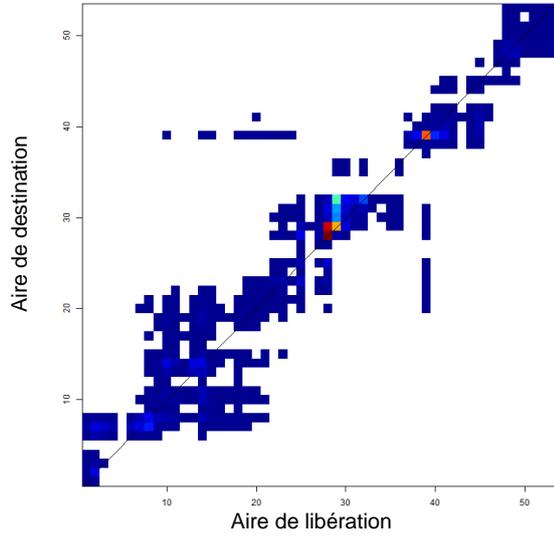
Ammodytidae



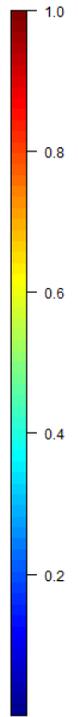
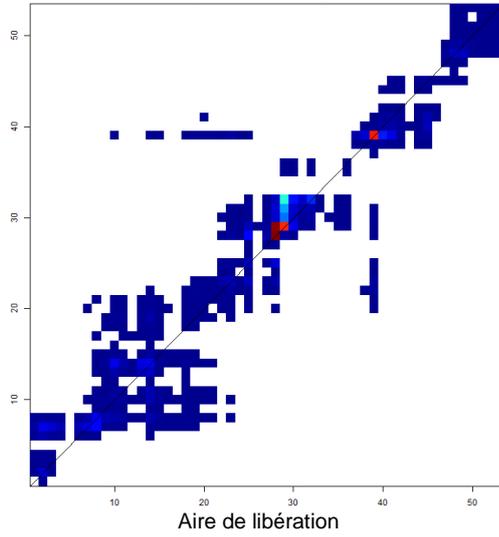
Ascidiacea

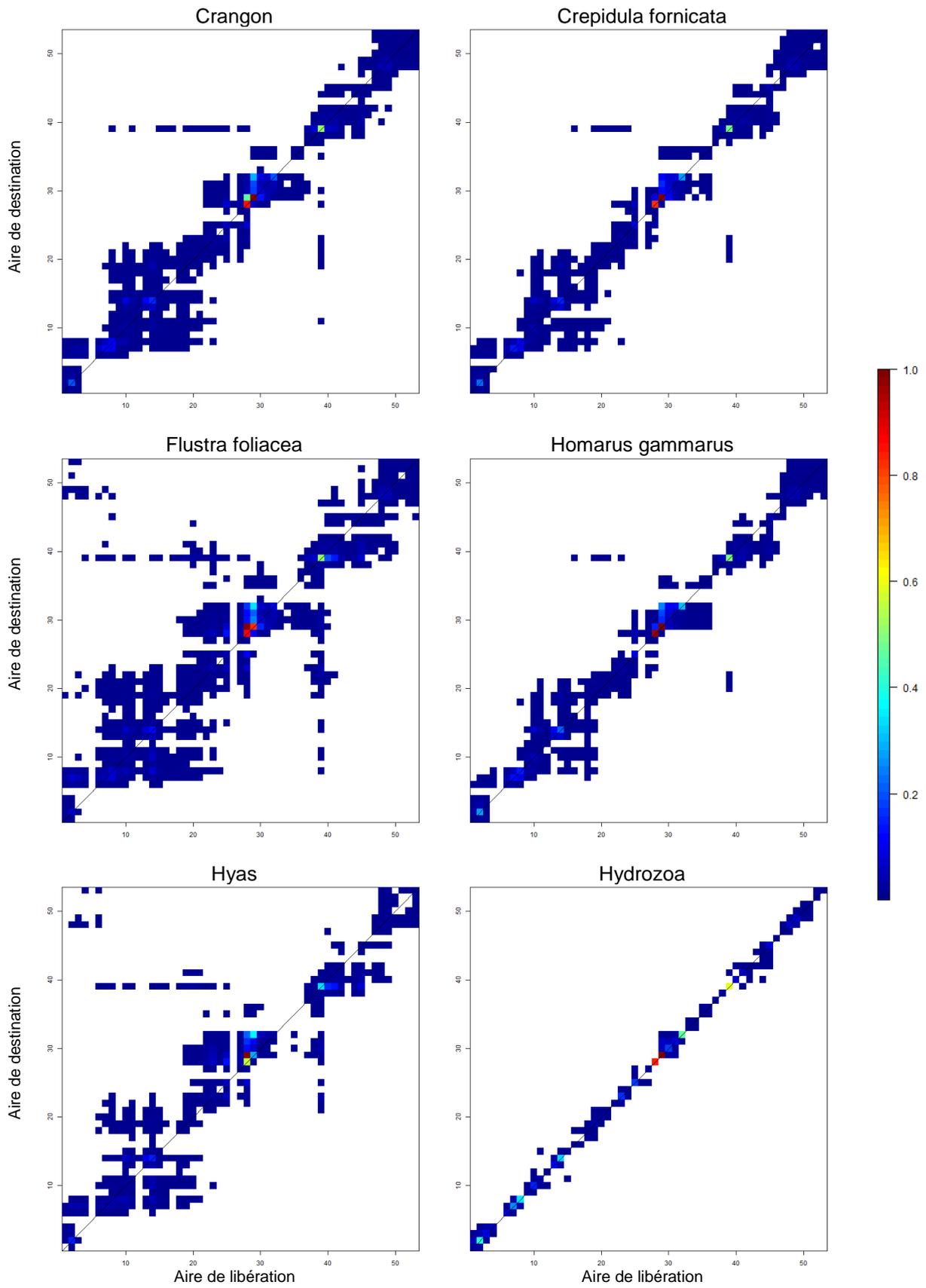


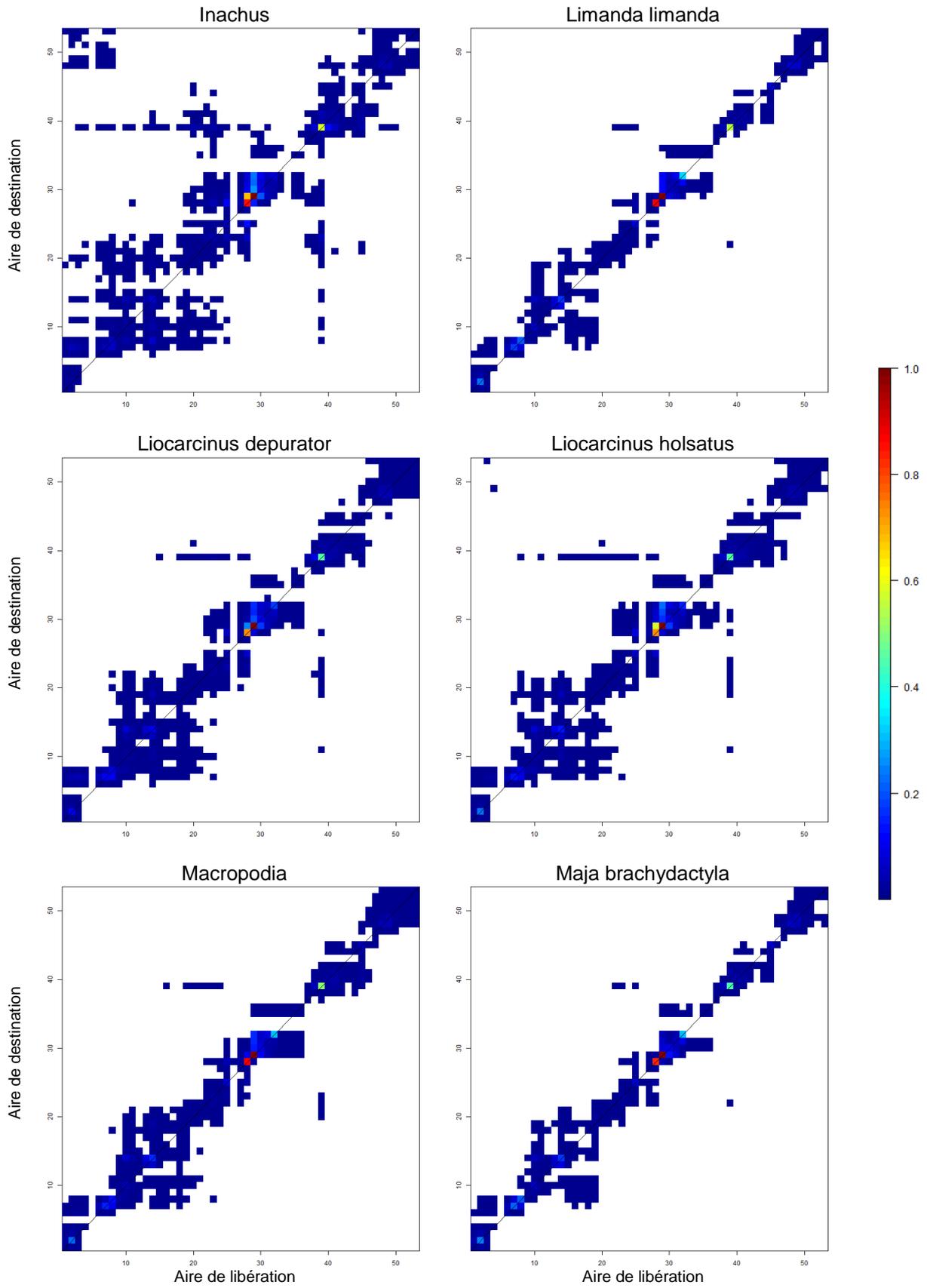
*Cancer pagurus*



*Clupea harengus*







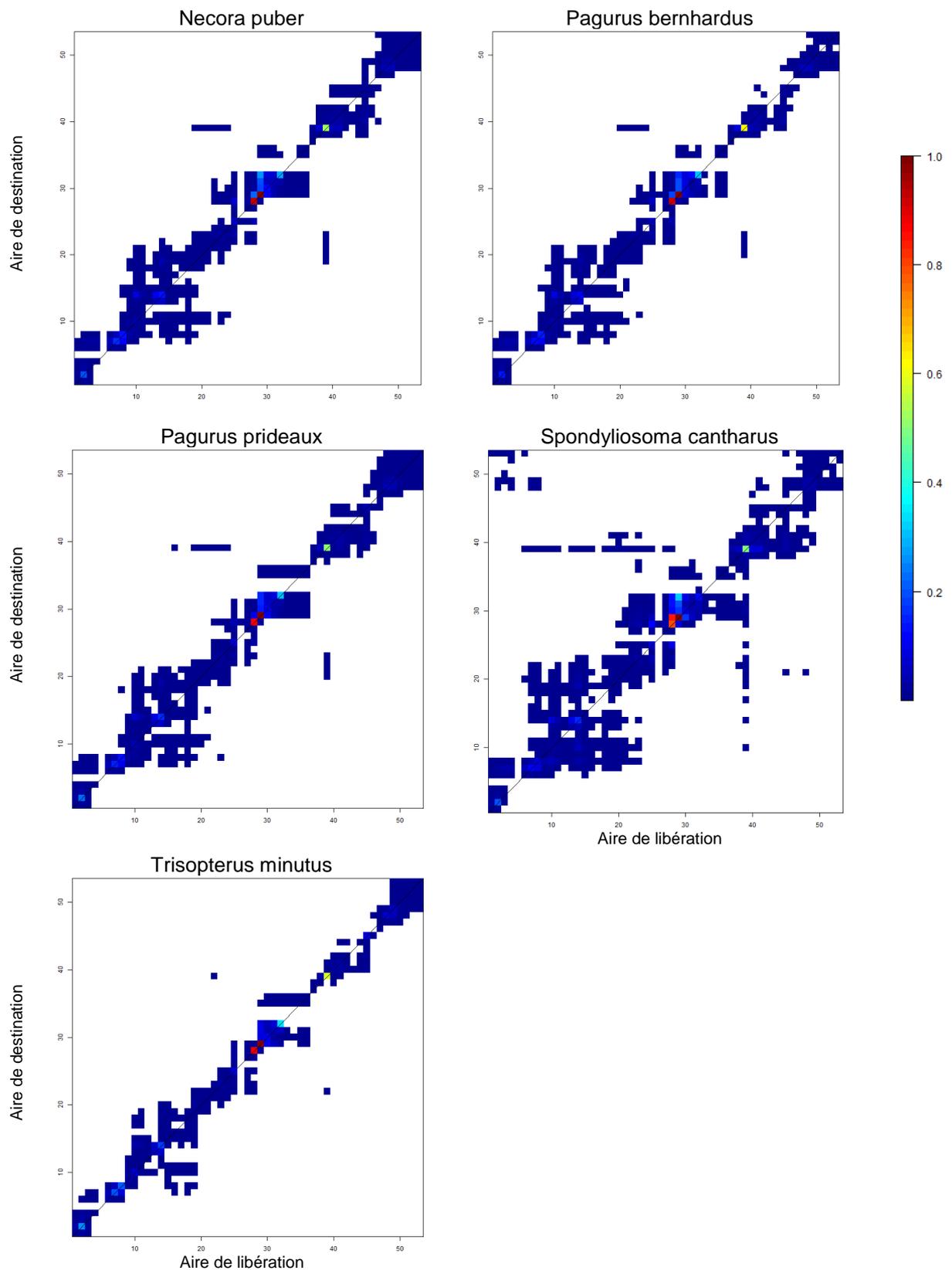
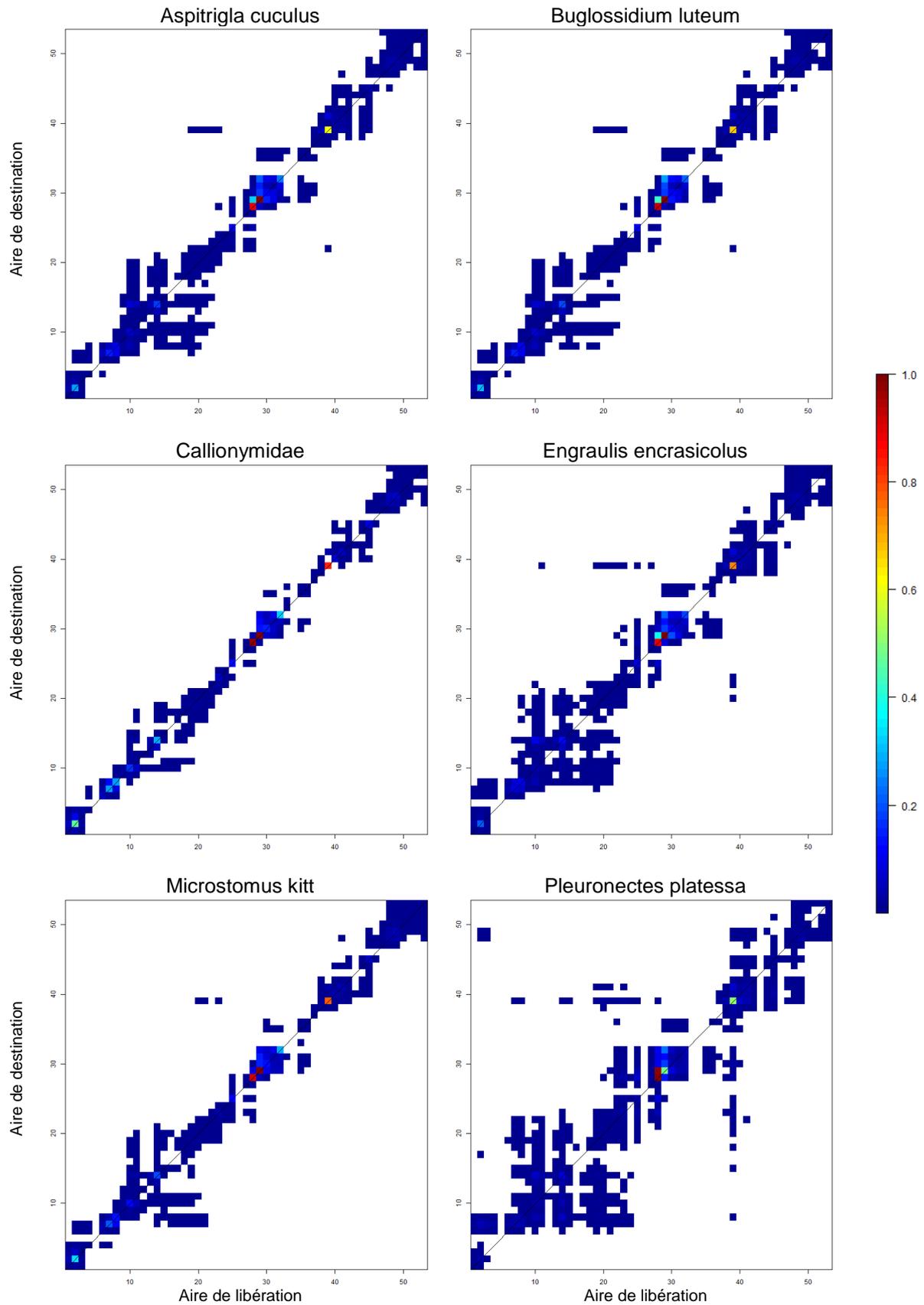


Figure 7 : Matrices de connectivité pour des espèces avec libération des œufs au fond. Les matrices de connectivité des espèces sont élaborées à partir d'une moyenne sur l'ensemble de la période de frai (événement de libération tous les 15 jours). La couleur indique la proportion de particules libérées

dans la zone  $i$  (sur l'axe  $x$ ) qui sont arrivées en zone  $k$  (sur l'axe  $y$ ) à la fin de la simulation.



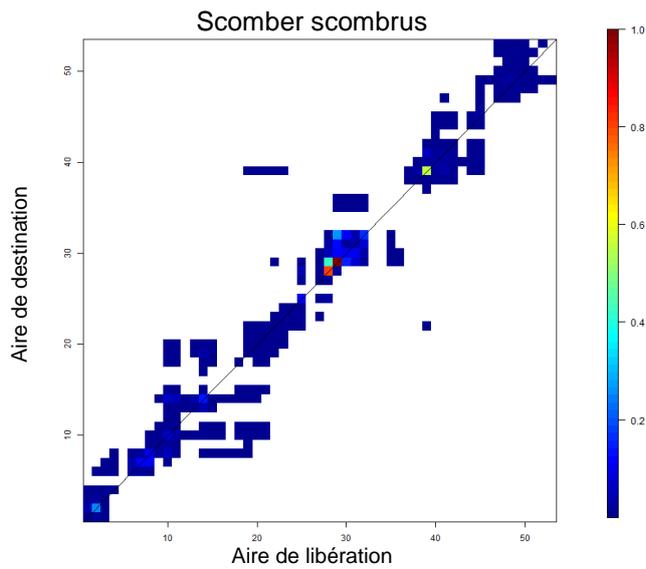
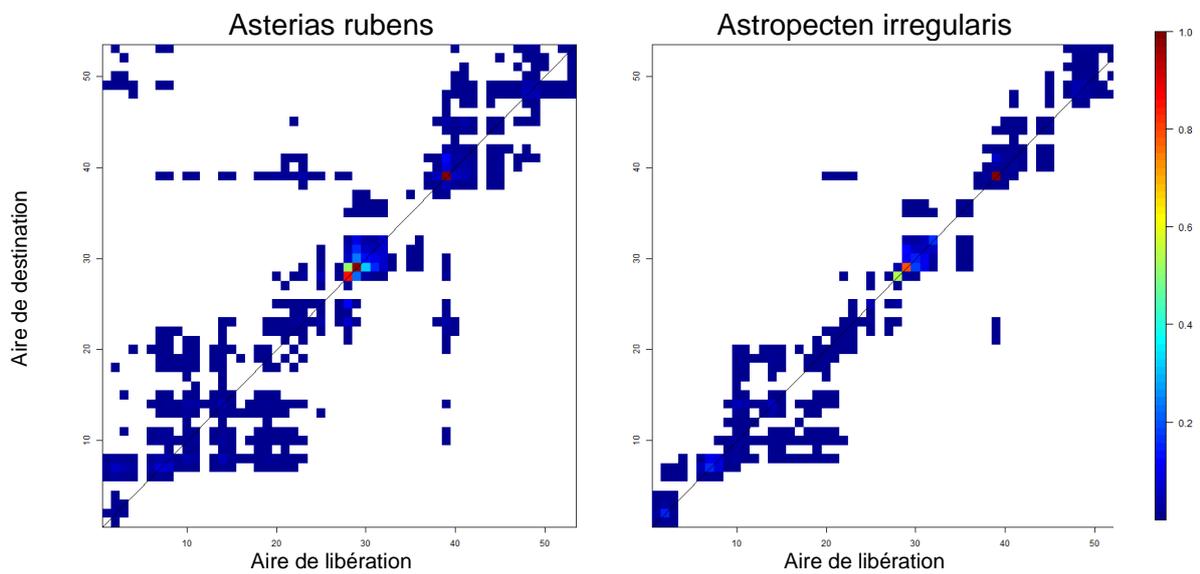
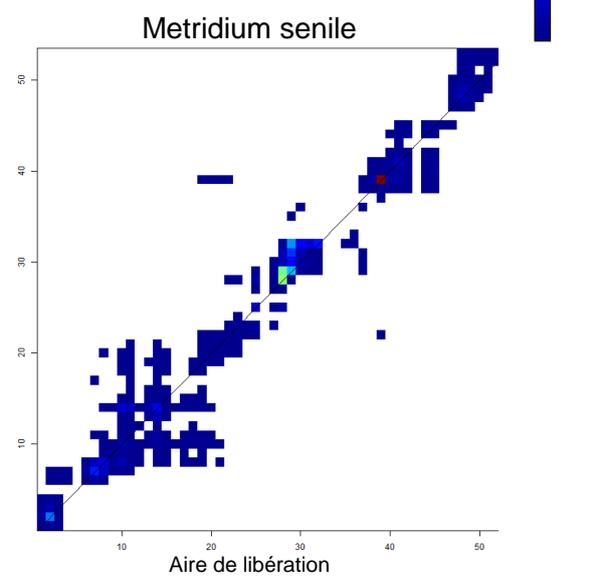
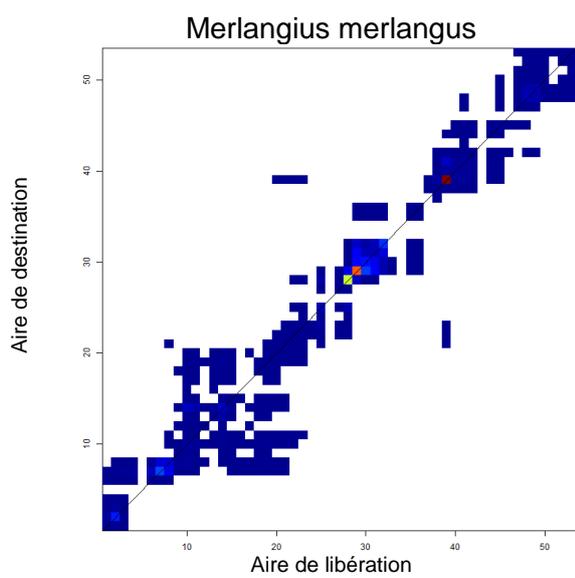
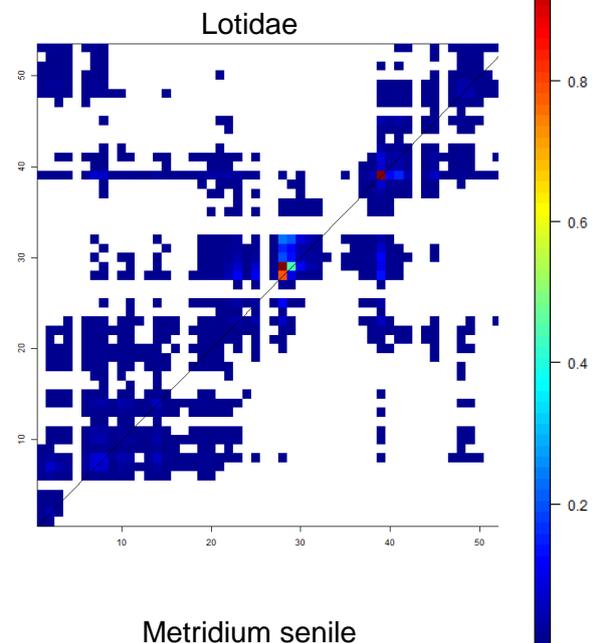
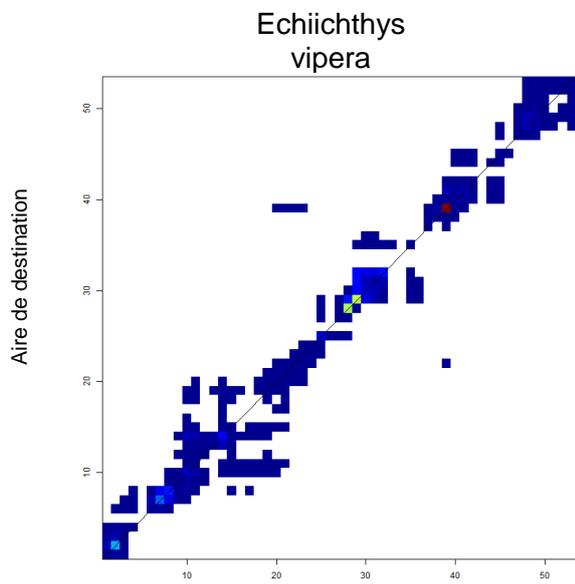
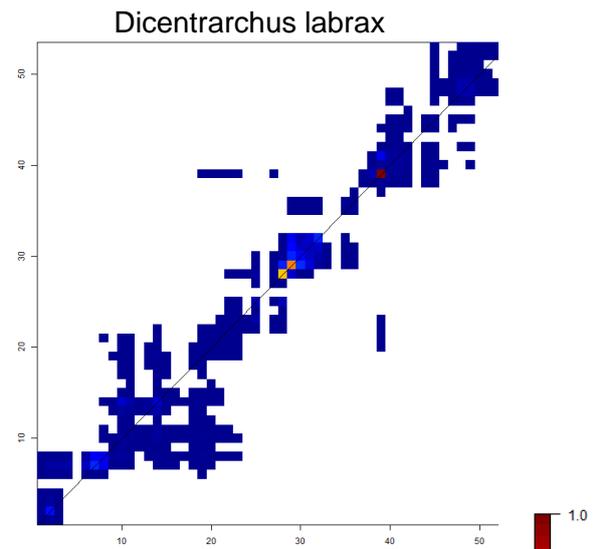
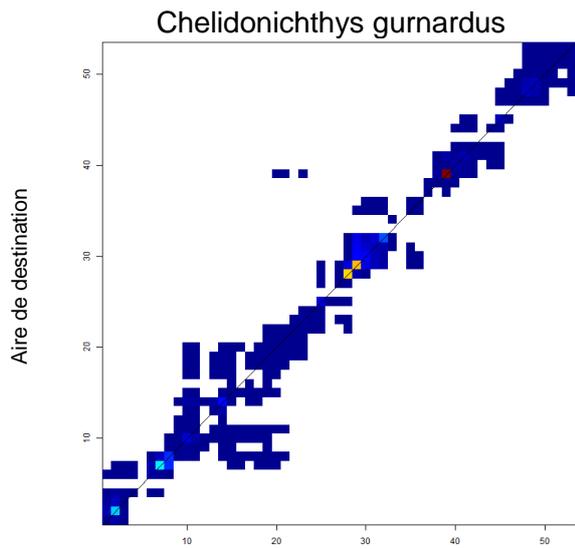
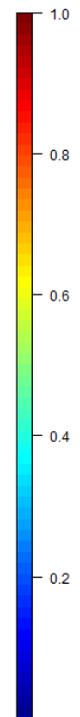
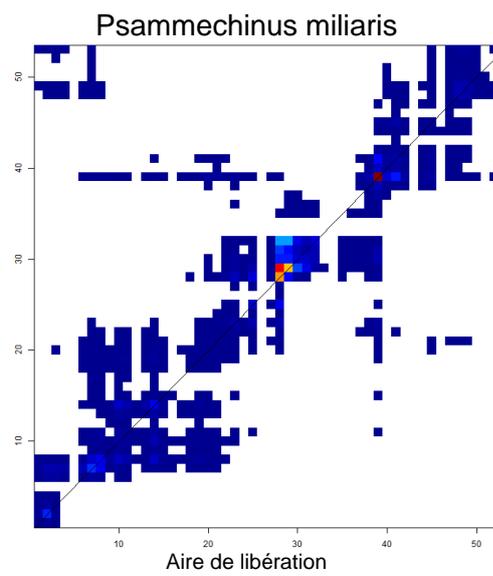
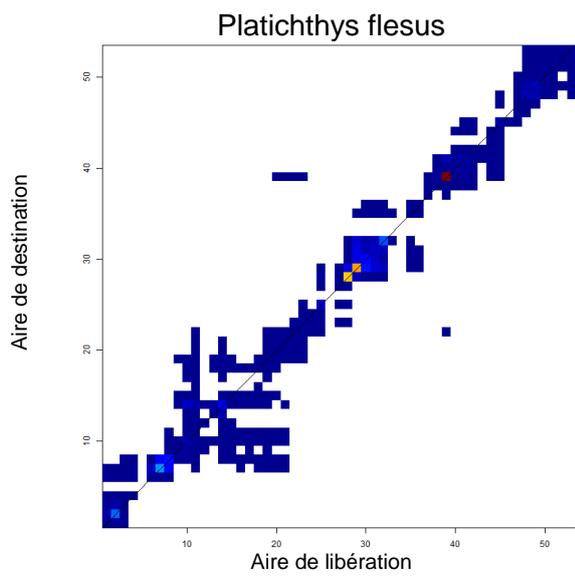
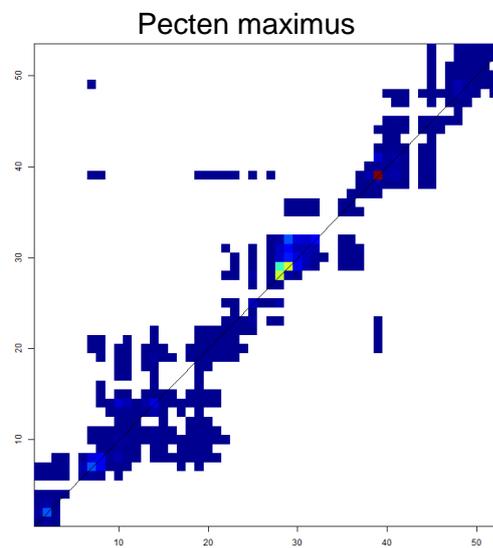
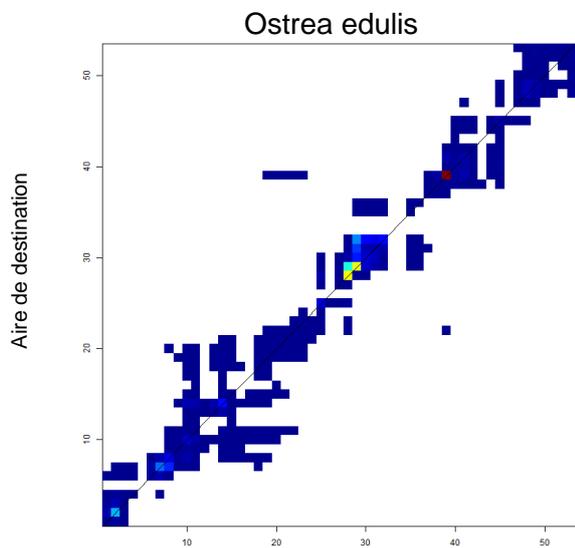
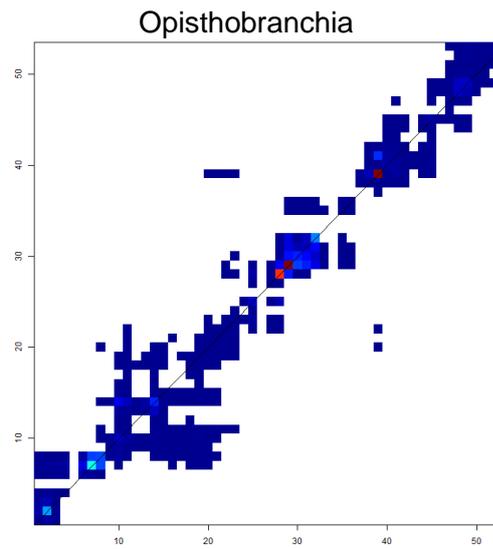
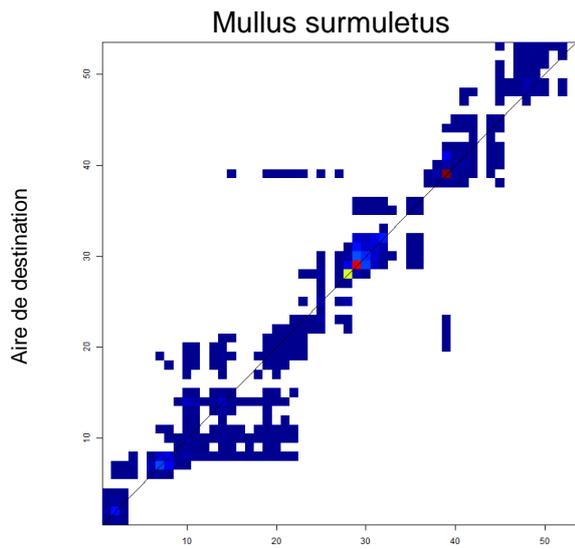
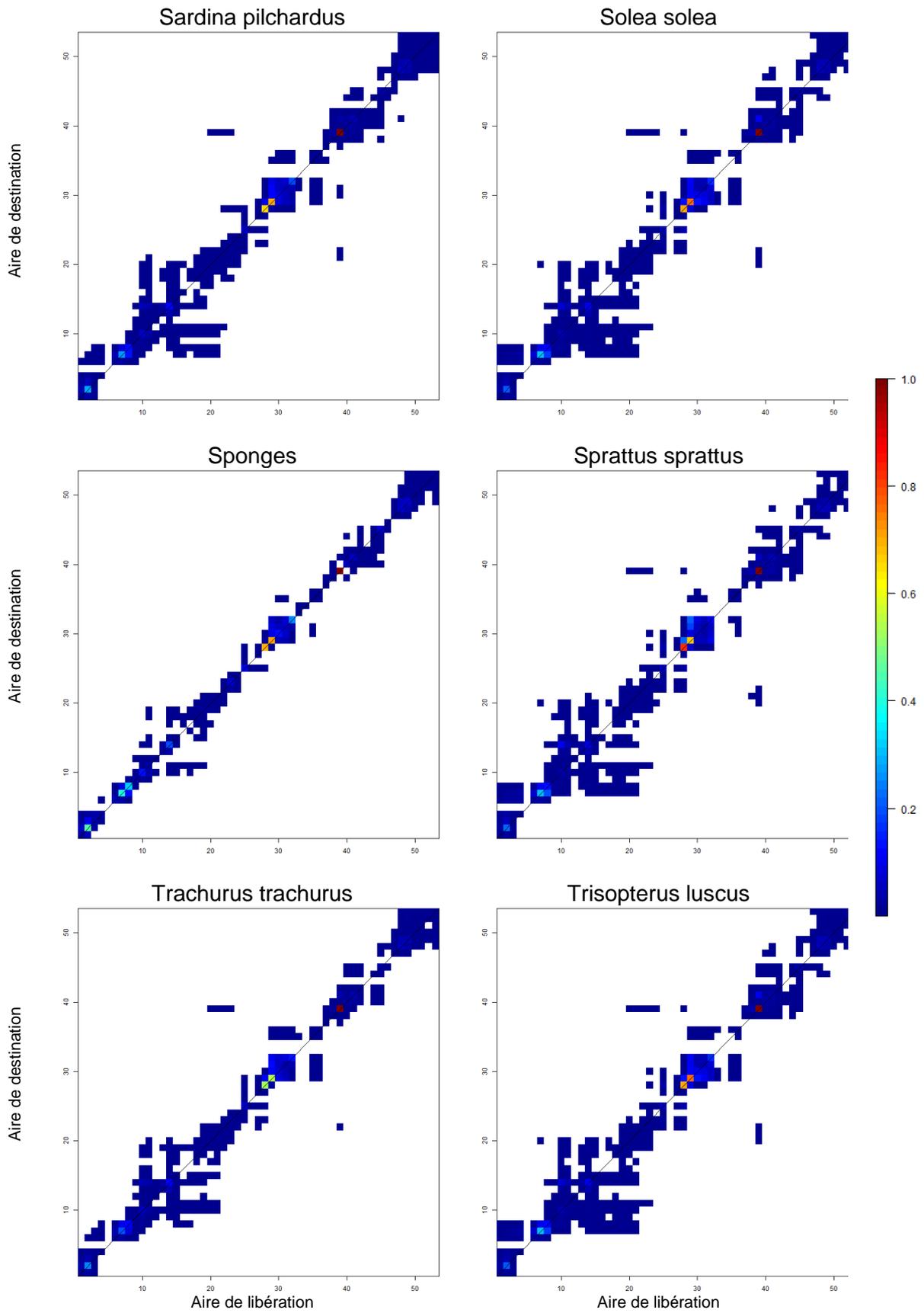


Figure 8 : Matrices de connectivité pour des espèces avec libération des œufs à la surface de la mer. Les matrices de connectivité des espèces sont élaborées à partir d'une moyenne sur l'ensemble de la période de frai (événement de libération tous les 15 jours). La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone  $i$  (sur l'axe  $x$ ) qui sont arrivées en zone  $k$  (sur l'axe  $y$ ) à la fin de la simulation.









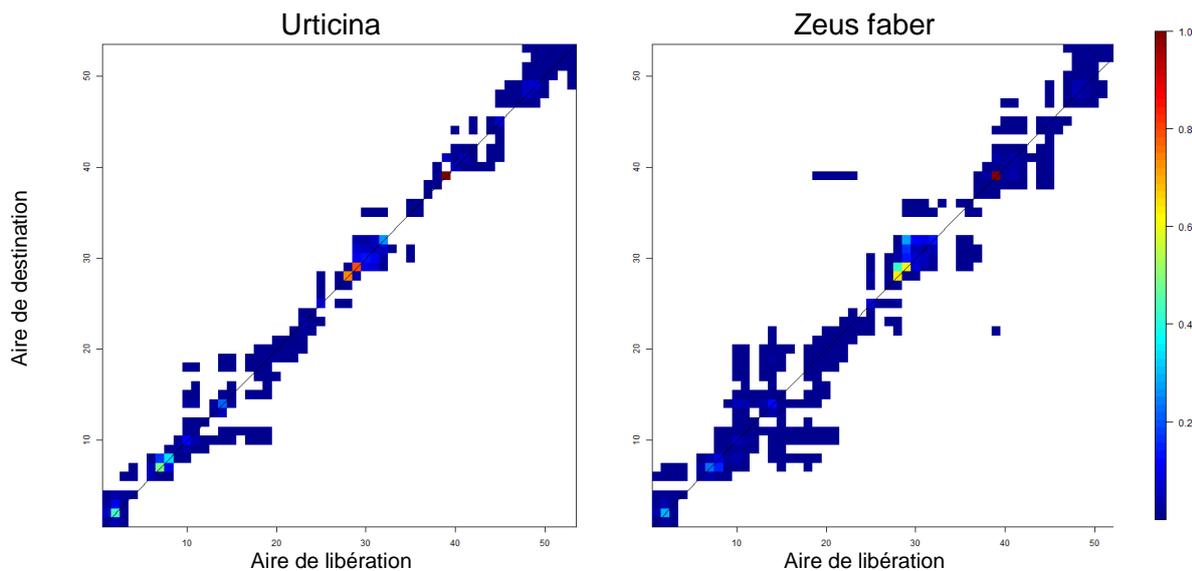
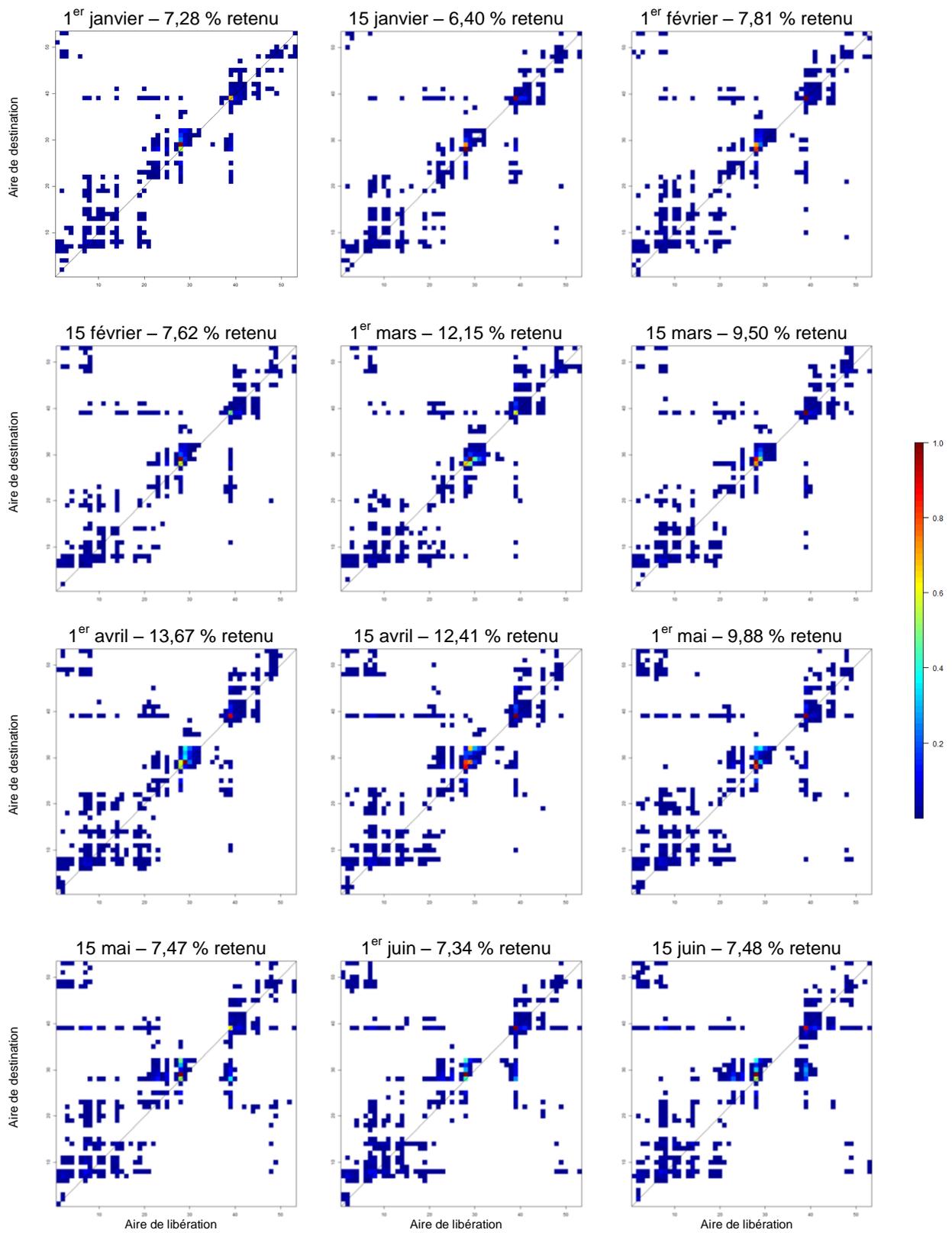


Figure 9 : Matrices de connectivité pour des espèces avec libération des œufs dans la colonne d'eau. Les matrices de connectivité des espèces sont élaborées à partir d'une moyenne sur l'ensemble de la période de frai (événement de libération tous les 15 jours). La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone  $i$  (sur l'axe  $x$ ) qui sont arrivées en zone  $k$  (sur l'axe  $y$ ) à la fin de la simulation.

### 3.1.2 Schémas saisonniers de connectivité entre les AMP

Les matrices de connectivité ont été établies pour chaque événement de libération, c'est-à-dire tous les 15 jours au cours de la période de frai. Comme mentionné précédemment, étant donné le nombre d'espèces et la durée de leur période de frai, cet examen a permis d'établir 534 matrices de connectivité. Pour clarification, elles ne sont pas toutes présentées dans ce rapport, mais deux exemples de l'espèce à déplacement sur longue distance lotidae (Figure 10) et de l'espèce commerciale sole (Figure 11) illustrent l'effet de la période de libération. Selon la date du lâcher, le pourcentage de larves qui restent dans le réseau d'AMP de la Manche, c'est-à-dire de larves arrivant dans l'une quelconque des AMP à la fin du déplacement, varie de 4,74 % à 13,67 % pour les lotidae et de 20,50 % à 33,47 % pour la sole. Cette variation de la rétention des particules au sein du réseau d'AMP de la Manche ne semble pas être associée à un changement drastique dans le schéma général de connectivité observé entre les AMP. Une augmentation de ce pourcentage est liée à l'extension de la connectivité entre certaines AMP en particulier, par exemple pour Lotidae entre avril et juillet avec une augmentation de connectivité entre les AMP anglaises et françaises de l'ouest (coin supérieur gauche de la matrice de connectivité à la Figure 10).



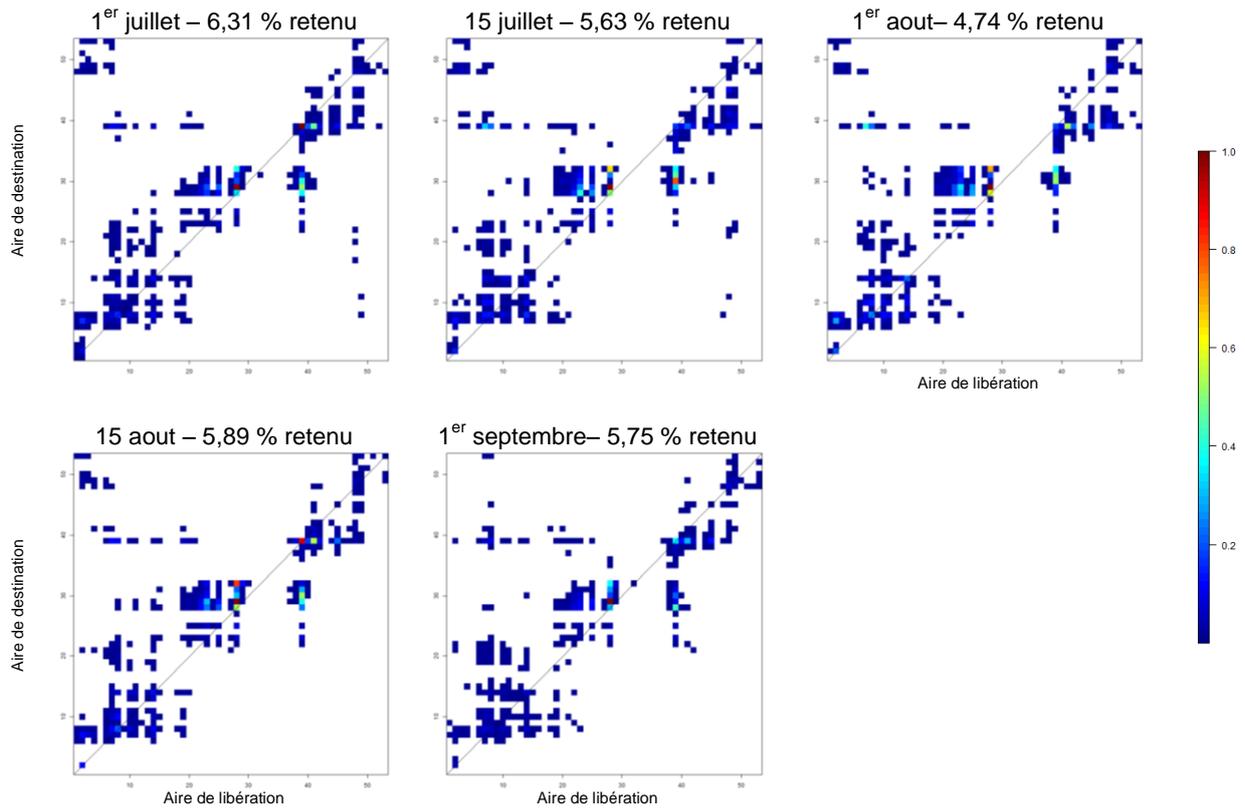


Figure 10 : Matrices de connectivité pour Lotidae établies pour chaque événement de libération, de janvier à septembre. La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone  $i$  (sur l'axe  $x$ ) qui sont arrivées en zone  $k$  (sur l'axe  $y$ ) à la fin de la simulation. Le pourcentage de particules retenues dans le réseau d'AMP à la fin de la simulation est également indiqué.

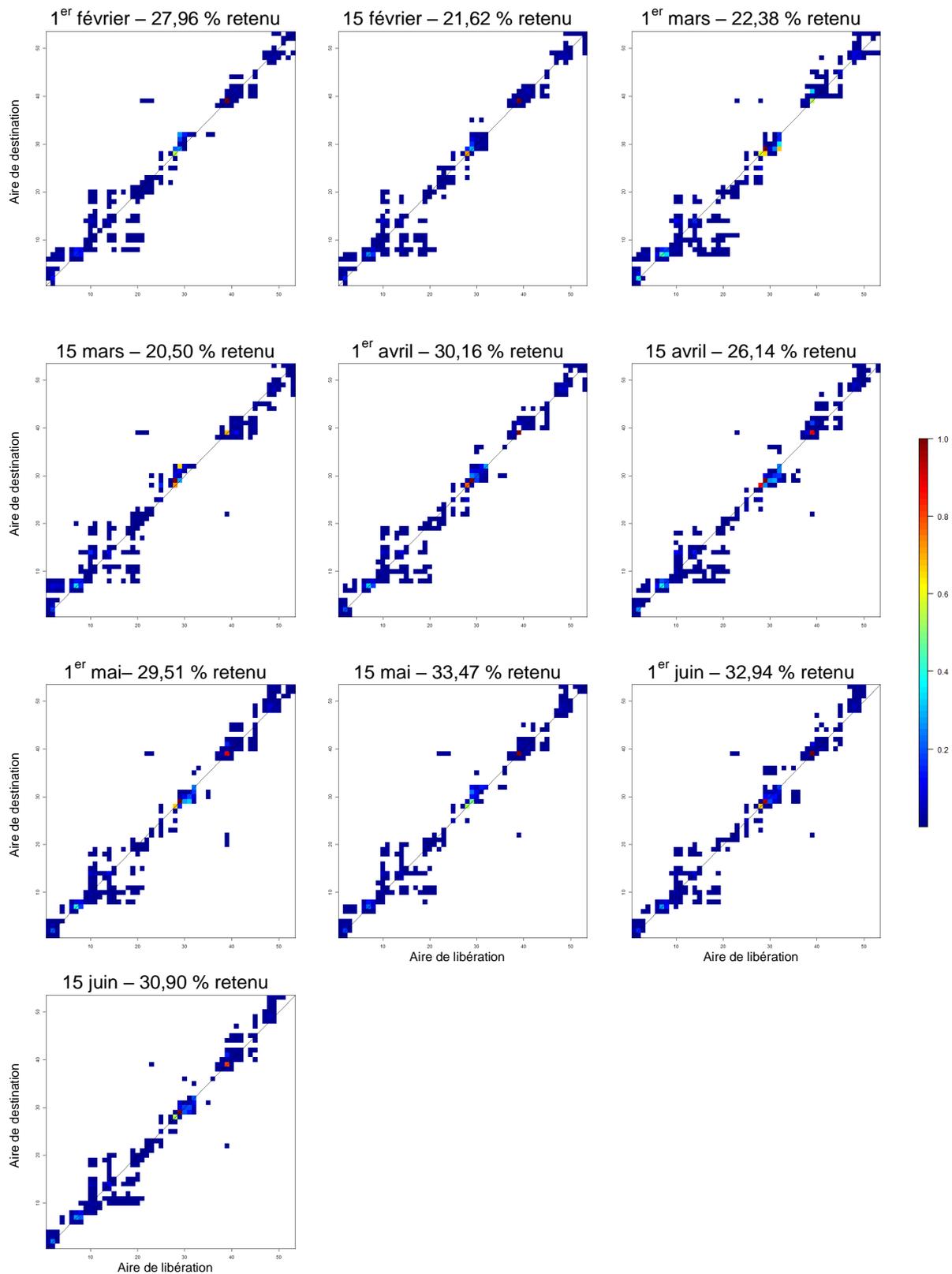
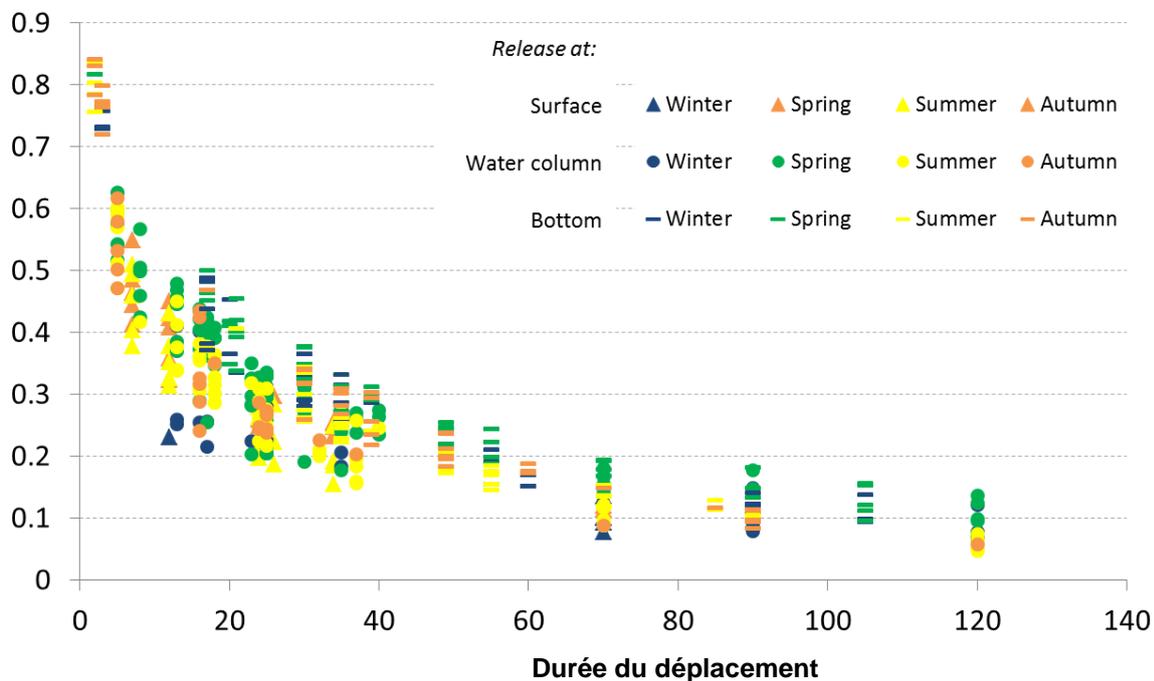


Figure 11 : Matrices de connectivité pour la Sole établies pour chaque événement de libération, de février à juin. La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone  $i$  (sur l'axe  $x$ ) qui sont arrivées en zone  $k$  (sur l'axe  $y$ ) à la fin de la simulation. Le pourcentage de particules retenues dans le réseau d'AMP à la fin de la simulation est également indiqué.

Étant donné que les courants varient au cours de l'année, en partie à cause des changements de conditions météorologiques, la connectivité du réseau d'AMP peut être affectée par la période de frai. Afin d'évaluer cet effet, le pourcentage de rétention des particules dans le réseau d'AMP de la Manche a été établi pour chaque période de libération et pour toutes les espèces, puis les valeurs obtenues ont été analysées au regard de la saison de libération des particules (Figure 12).

En dépit de la durée du déplacement, qui a un impact important sur le taux de rétention au sein du réseau d'AMP, la saison de libération n'a pas d'impact sur le degré de rétention des particules. De même, la position verticale de la libération des particules (surface, ensemble de la colonne d'eau ou fond marin) ne semble pas affecter le nombre de particules retenues dans le réseau d'AMP de la Manche (Figure 12).

Pour des stades larvaires à déplacement long, la rétention au sein du réseau diminue jusqu'à environ 10 %, ce qui signifie également que 90 % des particules libérées dans les AMP de la Manche sont exportées vers des aires non protégées. Pour la plupart des espèces, la durée de déplacement se situe entre 20 et 40 jours, pour un pourcentage de larves retenues dans le réseau d'AMP de la Manche allant de 15 % à 45 %.



Emplacement de libération :				
Surface	Hiver	Printemps	Été	Automne
Colonne d'eau	Hiver	Printemps	Été	Automne
Fond	Hiver	Printemps	Été	Automne

Figure 12 : Pourcentage de particules provenant du réseau d'AMP qui sont retenues dans le réseau d'AMP (mais pas nécessairement dans la même AMP) à la fin de la simulation en fonction de la durée de déplacement. Les couleurs représentent les saisons de frai (rouge : été ; orange : automne ; bleu : hiver ; vert : printemps).

### 3.2.3 Vue intégrative des résultats

Afin de synthétiser les résultats, une matrice de connectivité globale a été établie à l'aide de la moyenne des matrices de connectivité des 53 espèces présentées ci-dessus. La Figure 13 montre le nombre moyen de particules se déplaçant d'une AMP à une autre en fonction du nombre de particules libérées. À l'exception d'un petit nombre d'aires avec un taux de rétention élevé, cette matrice montre de faibles valeurs de connectivité entre les AMP de la Manche. Étant donné l'existence d'espèces à très mauvaise dispersion, le pourcentage moyen de particules se déplaçant d'une aire à une autre est très faible en dehors de la diagonale de la matrice.

Lorsque l'on prend en compte le nombre de liens entre une AMP et le reste du réseau (histogrammes gris à la Figure 13), quelques aires de « dépôt » et de « source » peuvent être caractérisées. Par exemple, en raison des courants résiduels en direction de l'est dans la Manche, les AMP françaises de l'ouest (aires 1 à 4, du Parc marin d'Iroise à Ouessant-Molène et Abers-côtes des Légendes) exportent des larves vers plus de 20 aires mais ne reçoivent des larves que de moins de 5 aires : ces zones sont considérées comme des AMP source. Il faut remarquer que l'aire 5 (Anse Goulven – dunes de Keremma) ne reçoit ni n'exporte de particules dans le modèle ; étant donné son emplacement très proche des côtes et malgré une sélection *a priori* des AMP pertinentes en fonction des contraintes de notre modèle, cette aire n'était pas bien représentée dans le modèle et ne doit pas être prise en compte dans l'interprétation des résultats. En termes de nombre de liens avec d'autres AMP, les aires françaises semblent avoir un rôle « source » plus significatif que les AMP anglaises, comme cela est démontré par le nombre moins important d'AMP qui reçoivent des particules provenant d'aires anglaises. À l'inverse, une distinction transfrontalière concernant le rôle d'aire de « dépôt » ne peut être faite car les AMP françaises et anglaises reçoivent des particules provenant de pratiquement le même nombre d'AMP. Enfin, certaines aires en particulier, telles que l'AMP 39 au large (Wight - Barfleur Reef), semblent être d'importantes régions source et de dépôt, car elles reçoivent des particules provenant d'un grand nombre d'AMP et leurs particules sont exportées vers un grand nombre d'AMP.

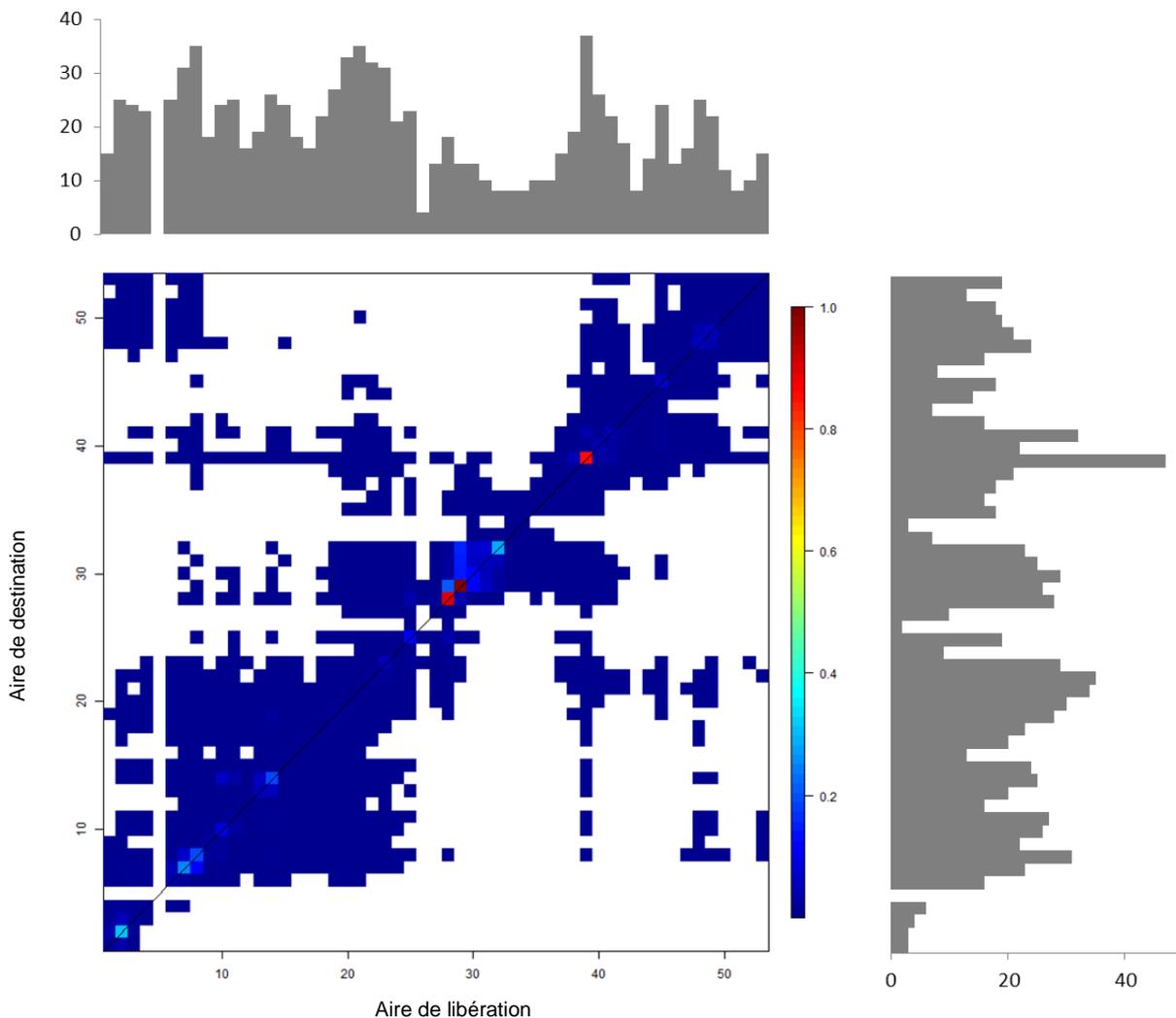


Figure 13 : Matrice de connectivité globale, intégrée pour les 53 groupes d'espèces au cours de leur période de frai. La couleur indique la proportion de particules libérées dans la zone  $i$  (sur l'axe  $x$ ) qui sont arrivées en zone  $k$  (sur l'axe  $y$ ) à la fin de la simulation. Les histogrammes en gris indiquent le nombre d'AMP connectées qui reçoivent des particules d'une AMP en particulier (histogramme du haut) ou le nombre d'AMP connectées dont proviennent les particules qui arrivent dans une AMP en particulier (histogramme de droite)

La Figure 14 présente un point de vue complémentaire sur la précédente densité d'échange de particules et montre le nombre de liens de connectivité entre les AMP observées pour les 53 espèces dont la dispersion a été simulée. La vue synthétique de la Figure 14 met en avant l'importante connectivité globale du réseau d'AMP à l'échelle locale (entre des AMP proches). Certains points de forte connectivité entre sous-groupes d'AMP peuvent également être signalés. Ainsi, les aires 9 (Baie de Saint Brieuc) à 21 (la Hague) correspondant au « golfe normand-breton » sont très bien connectées par rapport au reste du réseau d'AMP. De même, les aires 29 à 36, qui

correspondent aux AMP du Pas de Calais, sont très connectées en termes de dispersion des larves. Les aires 47 à 53 sont également liées avec un échange de particules relativement élevé entre ces AMP sur la côte anglaise de l'ouest. En règle générale, des AMP très connectées sont très proches et situées dans la même entité écologique.

La Figure 14 présente également un aperçu des AMP clés pour l'échange d'organismes entre les aires françaises et anglaises. Par exemple, l'aire 39 au large Wight - Barfleur Reef est essentielle à la connectivité transfrontalière car des particules provenant de la majorité des AMP peuvent arriver dans cette zone et à l'inverse, des particules provenant de cette zone peuvent atteindre la plupart des autres AMP du réseau. Dans une moindre mesure, d'autres aires peuvent également participer à de tels échanges : des particules provenant des aires 48 à 49 (Skerries Bank and surrounds et Start Point to Plymouth Sound and Eddystone) peuvent traverser la Manche vers des AMP du « golfe normand-breton » ; des particules des aires 1 à 8 (Parc Marin d'Iroise à Trégor-Goëlo) peuvent aller jusqu'aux aires 48 à 53 (Skerries Bank and surrounds et Start Point to Plymouth Sound and Eddystone).

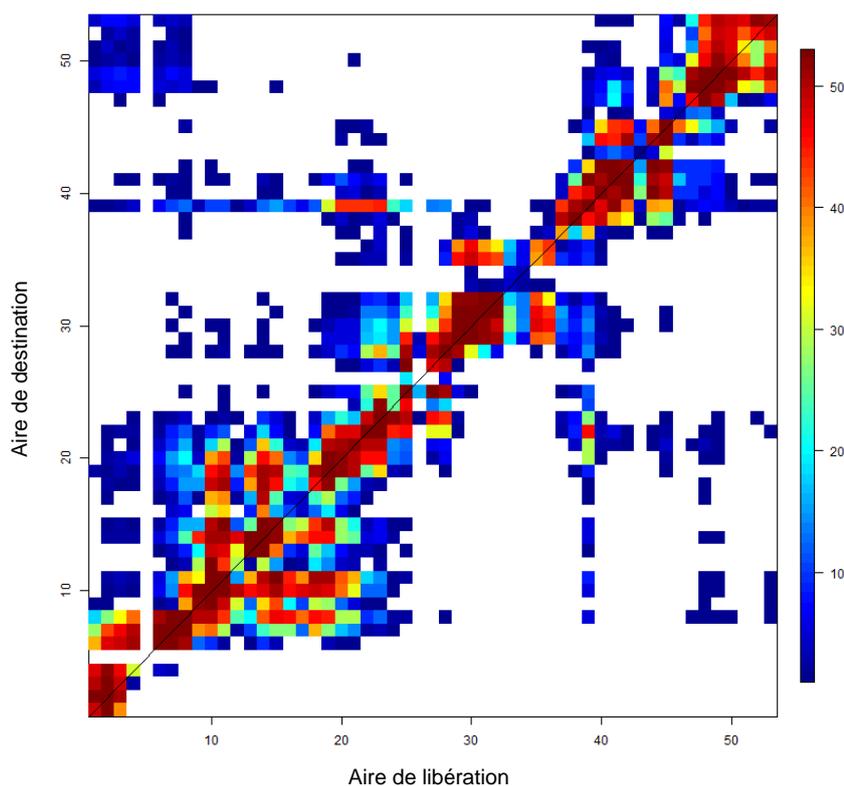


Figure 14 : Fréquence de connexion entre les AMP. La couleur indique le nombre de groupes d'espèces pour lesquels une connexion entre deux AMP a été observée (quelle que soit l'intensité de la connexion)

### 3.3 L'approche détaillée : le cas d'étude de la sole

### 3.3.1 Réseau d'AMP

La Figure 15 détaille la probabilité estimée de survie des œufs frayés sur l'ensemble du domaine du modèle, avec une moyenne calculée à partir de toutes les années simulées. Il s'agit, par œuf frayé, de la probabilité de survie et d'implantation réussie dans un lieu de ponte (n'importe lequel dans le domaine du modèle). Veuillez noter que ces probabilités sont attribuées à chaque œuf ; elles ne dépendent pas du nombre d'œufs frayés à chaque point.

D'après notre modèle, les soles semblent organiser au mieux le transport des larves lorsqu'elles frayent le long des côtes, en particulier dans le « Golfe Normand Breton » (GNB), dans la Baie de Seine, le long des côtes françaises de Dieppe à Boulogne sur Mer, et le long des côtes anglaises dans la Baie de Hastings, la Baie de Brighton et autour de l'île de Wight.

Les lieux de ponte situés dans la mer Celtique et la mer d'Iroise ne sont pas compris dans ce modèle, ce qui explique en partie pourquoi la probabilité de survie des larves (PLS) est plus faible dans la Manche de l'ouest car une part importante des œufs frayés dans cette zone sont transportés vers l'ouest. D'après la carte à la Figure 15, des AMP potentiellement pertinentes en termes de protection des lieux de frai de la sole peuvent être établies : le « domaine public maritime » Chausey, les « zones d'importance communautaire » (Natura 2000 et DHFF) « Cap d'Erquy – Cap Fréhel », « Baie de Seine Orientale » et « Littoral Seino-marin », et enfin le « parc naturel marin » Estuaires Picards et Côte d'Opale.

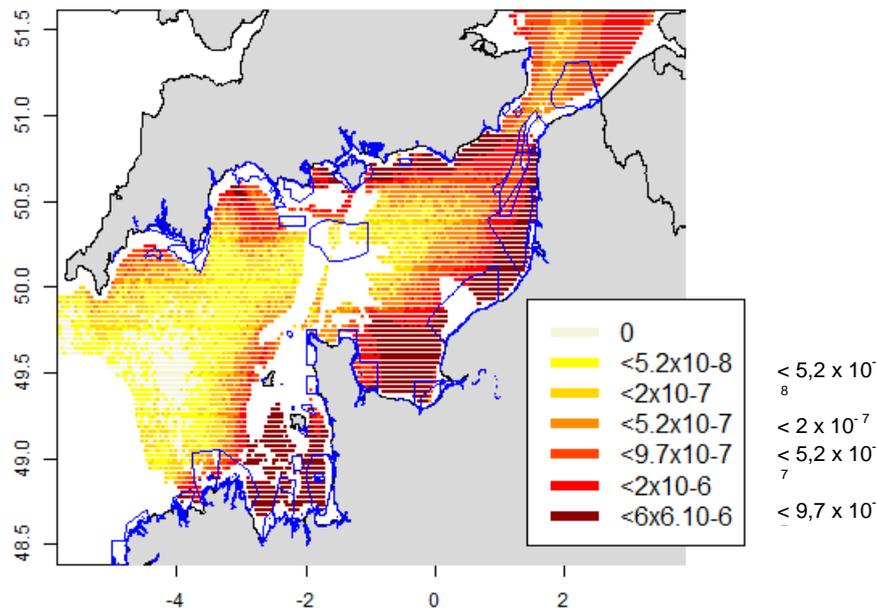


Figure 15 : Carte des probabilités de survie des larves : pour chaque point sur la grille, la couleur représente la probabilité moyenne sur toutes les années simulées d'implantation réussie dans un lieu de ponte (dans la Manche ou la baie sud de la mer du Nord) pour une particule libérée à partir de ce point. Plus la zone est sombre, plus la probabilité est élevée, le beige représentant une probabilité de 0. Les AMP sont représentées en bleu.

Les résultats présentés ci-dessous ne se concentrent que sur les œufs déposés dans les AMP, comme mentionné dans la section relative aux méthodes.

La Figure 16 détaille la proportion, par rapport au nombre total d'œufs déposés dans la Manche anglaise, d'œufs déposés dans chacune des AMP observées (c.-à-d. les AMP d'une surface supérieure à 100 km<sup>2</sup> et d'une profondeur supérieure à 20 m). Ces proportions dépendent de la surface des AMP ainsi que de la distribution absolue du frai, qui varie d'année en année (voir la section relative aux méthodes, p13).

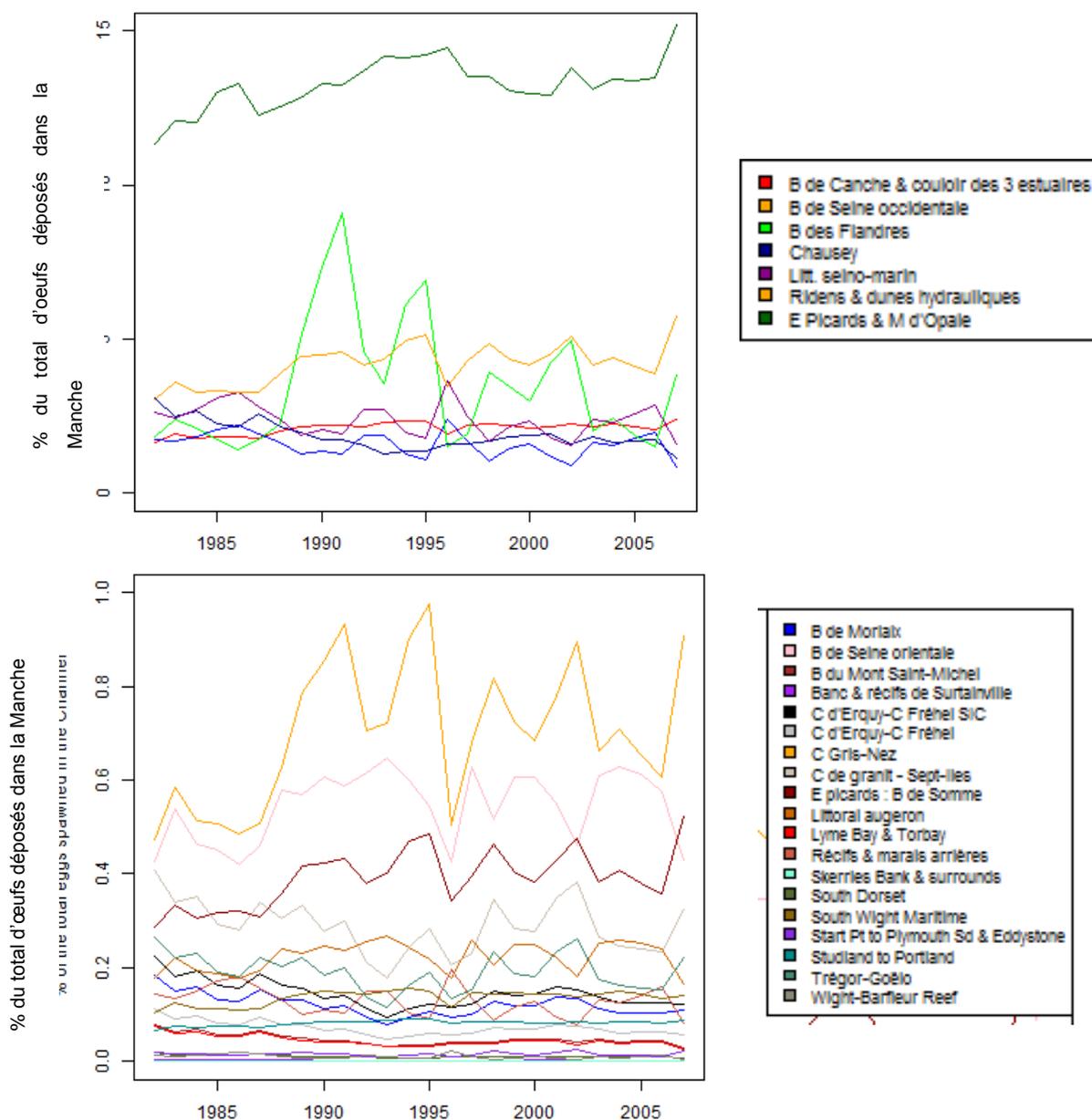


Figure 16 : Proportion de la quantité totale d'œufs déposée dans la Manche anglaise au sein de chaque AMP (proportions les plus élevées en haut, les plus faibles en bas).

### 3.3.2 Connectivité entre les AMP et les lieux de ponte

Nous avons étudié la connectivité entre les AMP (Figure 17 - lieux de frai) et les lieux de ponte (Figure 18) de deux manières. Tout d'abord, nous avons établi pour chaque AMP la répartition des larves

(provenant de cette AMP) dont l'implantation a réussi dans les différents lieux de ponte pour toutes les années simulées (Figure 19).

La plupart des AMP ont un rayon d'action assez limité en termes de lieux de ponte atteints par les larves.

Cependant, les AMP situées au large des côtes françaises dans la Manche de l'est exportent des larves vers jusqu'à 7 lieux de ponte différents. C'est également le cas pour l'AMP « Récifs et marais arrières », au large du Cotentin. Selon la période de frai et la répartition de la population de frai, l'activité de frai ne se produit pas tous les ans dans certaines AMP (par ex. Surtainville).

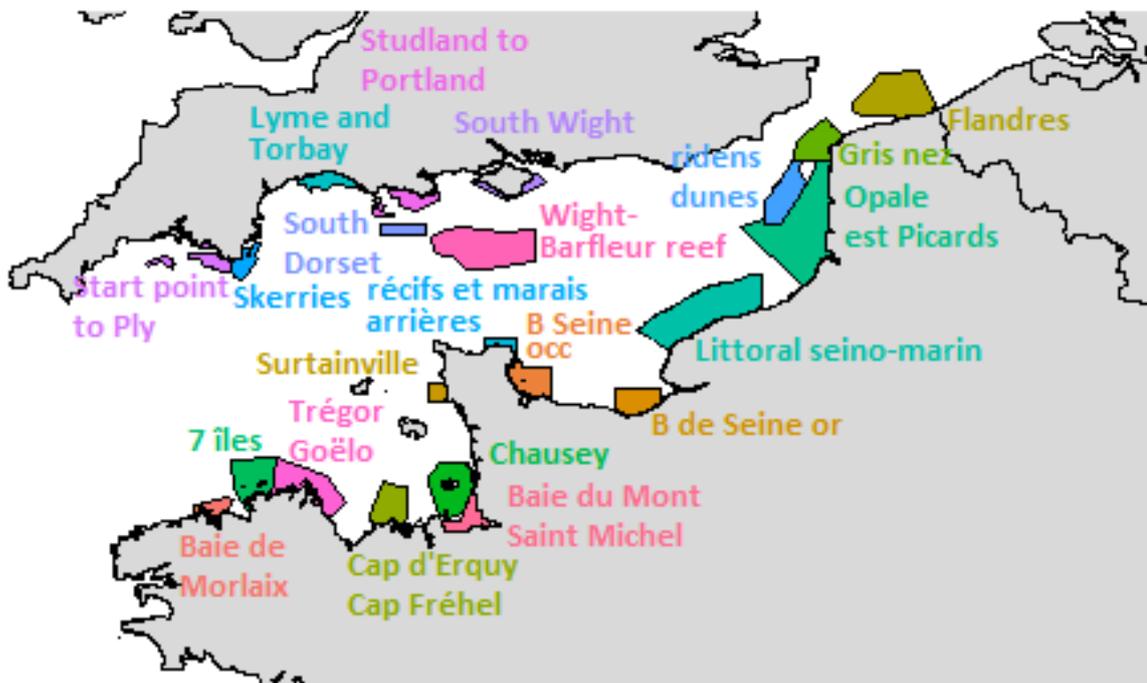


Figure 17 : Aires marines protégées observées au cours de cette étude (c.-à-d., d'une surface supérieure à 100 km<sup>2</sup>, et au sein des lieux de frai de la sole tels que définis dans le modèle).

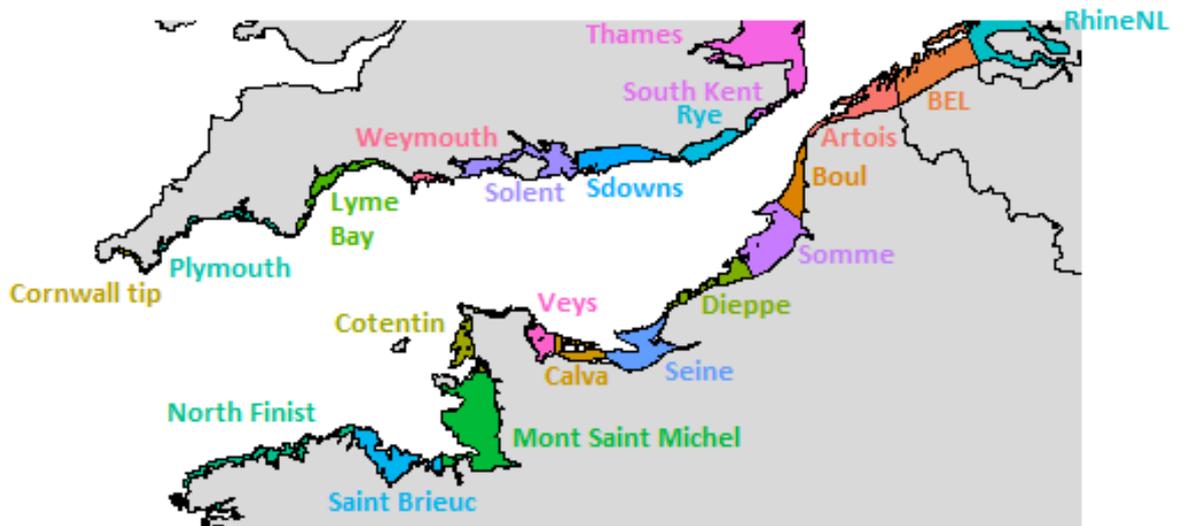


Figure 18 : Lieux de ponte de la sole pris en compte dans le modèle

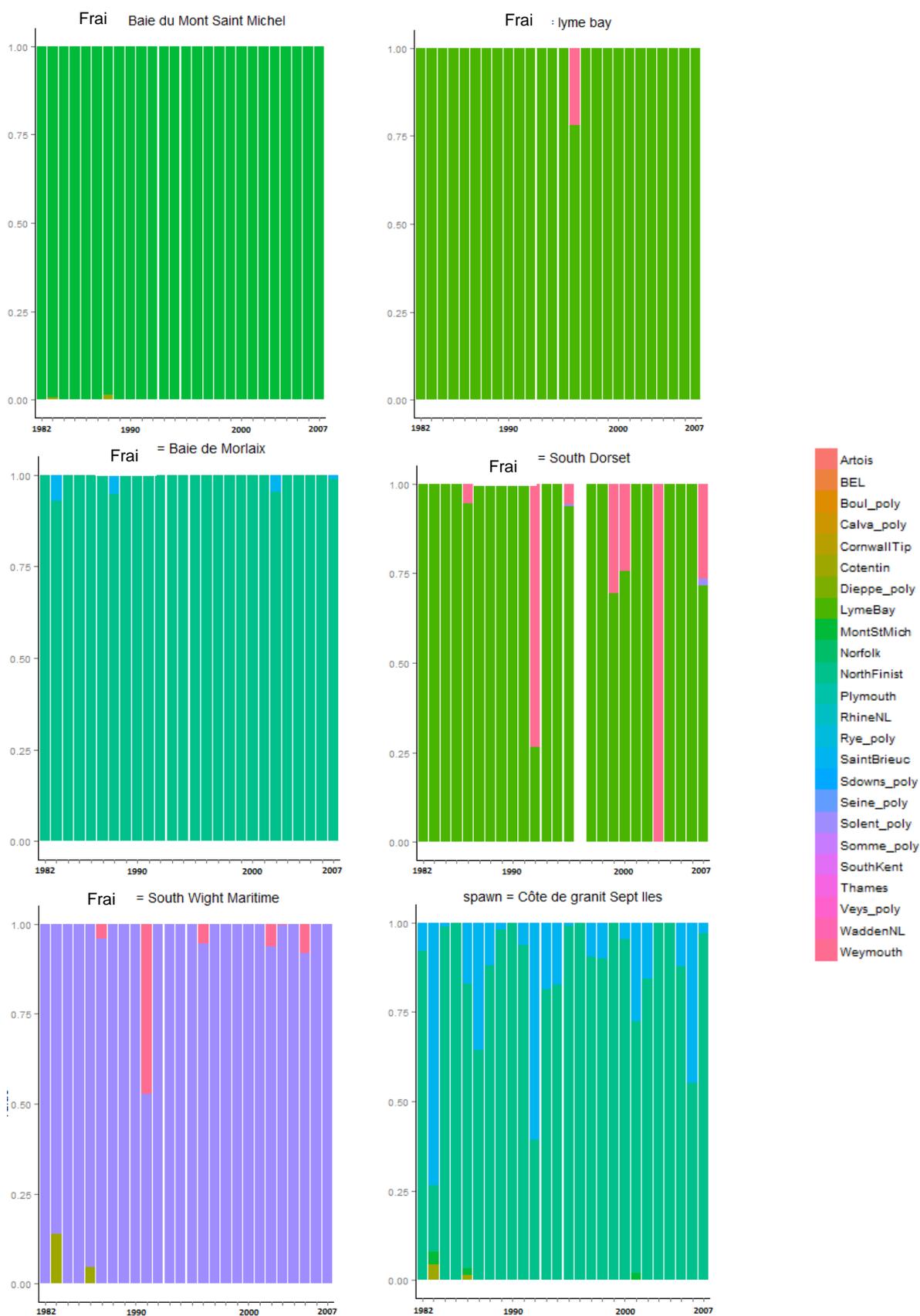
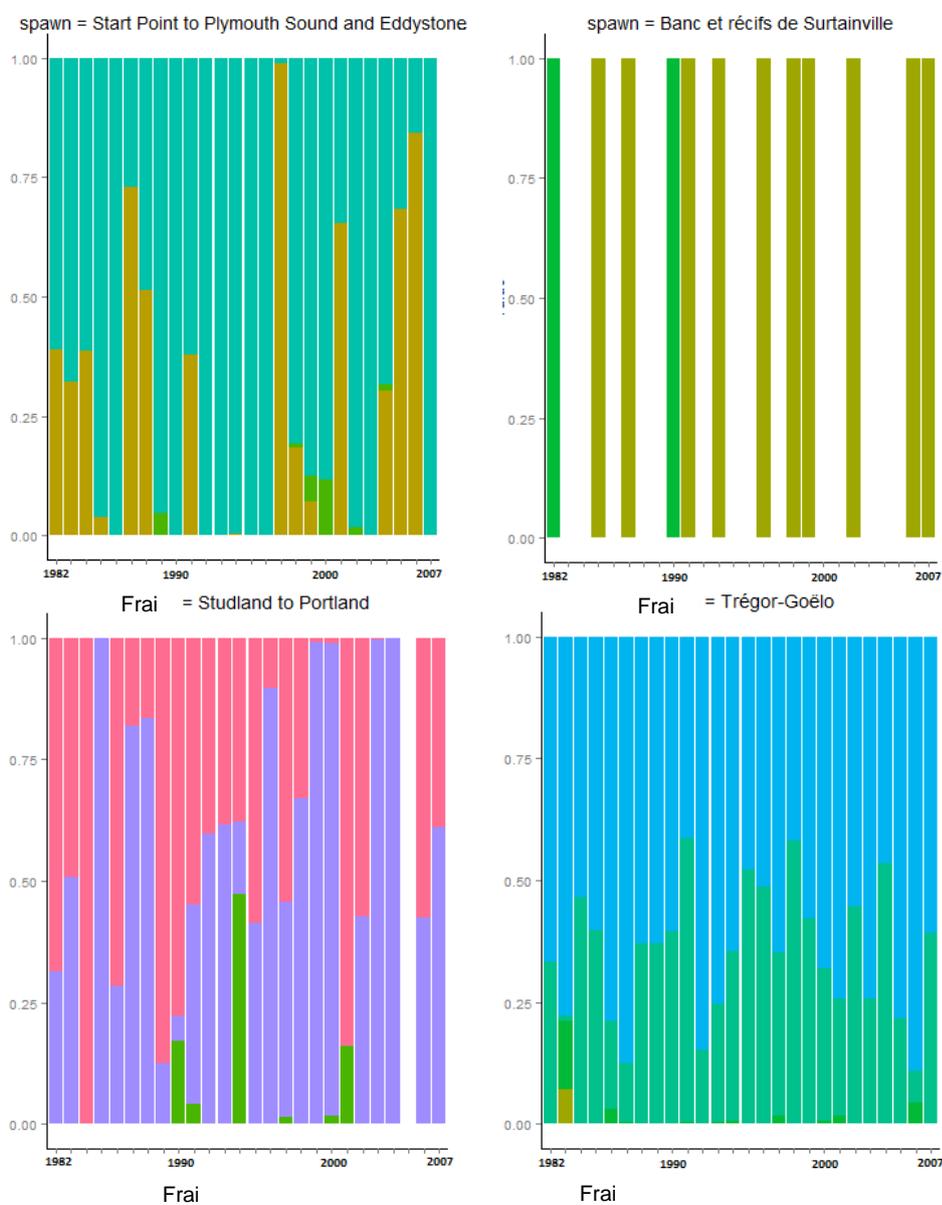
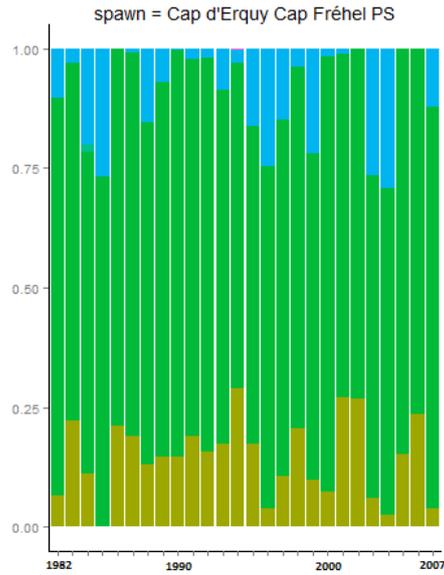
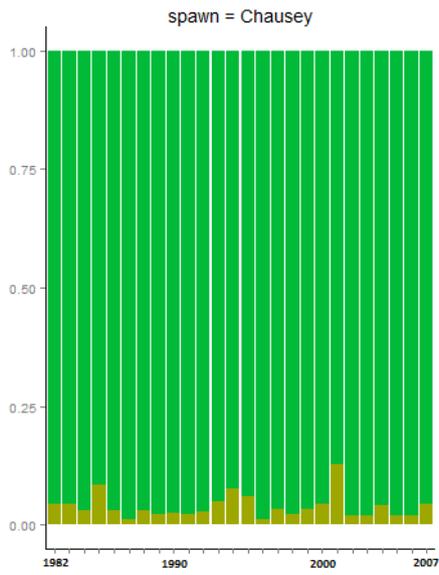


Figure 19 : Proportion de larves déposées dans une AMP donnée et arrivant dans chaque lieu de ponte, avec les années de 1982 à 2006 en abscisse et la proportion de la quantité totale de larves implantées avec succès en ordonnée.

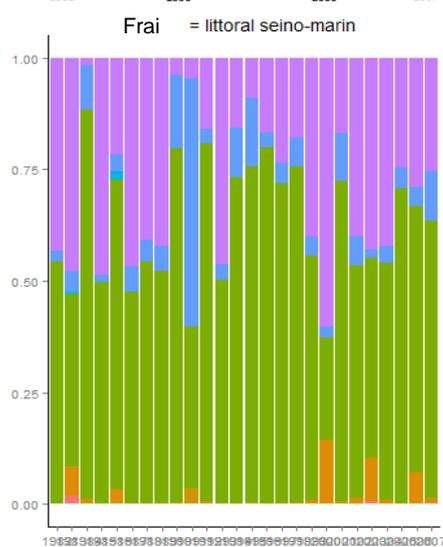
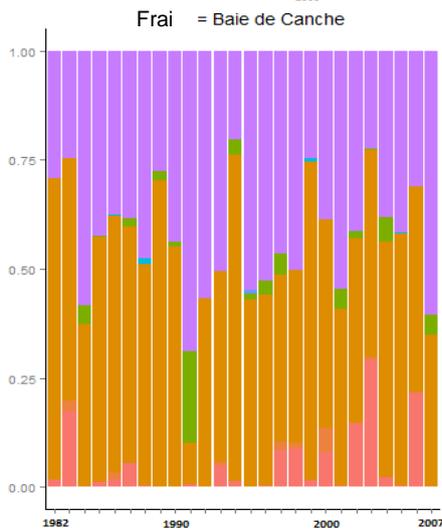
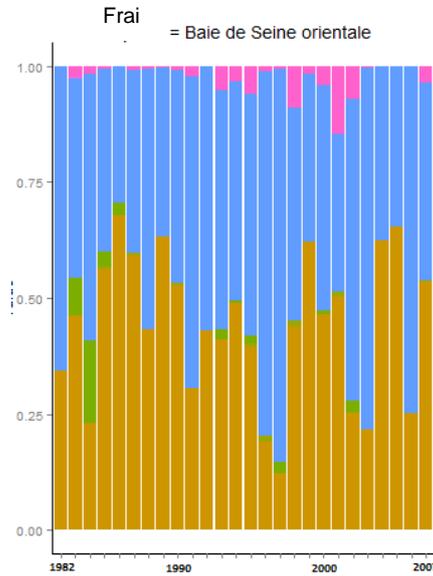
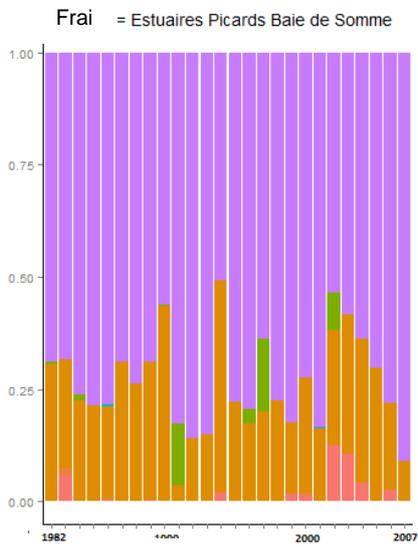
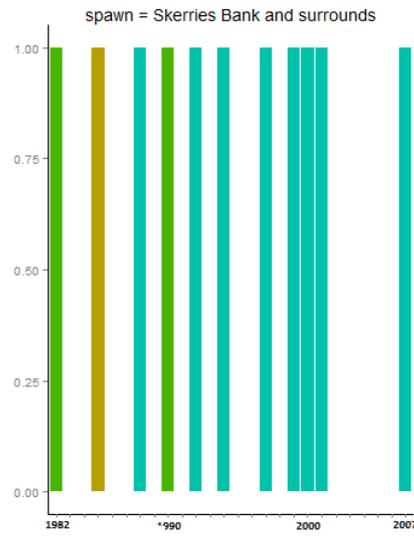
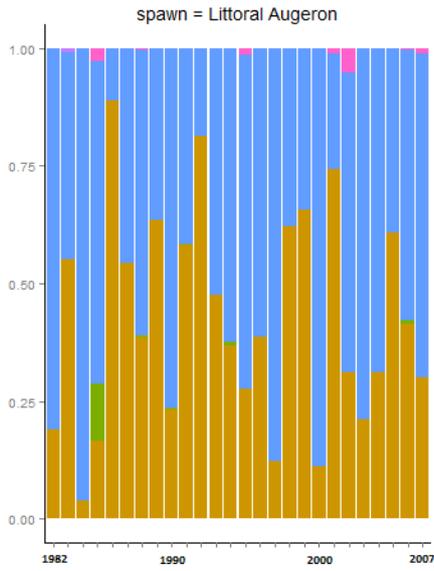




- Artois
- BEL
- Boul\_poly
- Calva\_poly
- CornwallTip
- Cotentin
- Dieppe\_poly
- LymeBay
- MontStMich
- Norfolk
- NorthFinist
- Plymouth
- RhineNL
- Rye\_poly
- SaintBrieuc
- Sdowns\_poly
- Seine\_poly
- Solent\_poly
- Somme\_poly
- SouthKent
- Thames
- Veys\_poly
- WaddenNL
- Weymouth

Figure 19 (suite)

Frai



- Artois
- BEL
- Boul\_poly
- Calva\_poly
- CornwallTip
- Cotentin
- Dieppe\_poly
- LymeBay
- MontStMich
- Norfolk
- NorthFinist
- Plymouth
- RhineNL
- Rye\_poly
- SaintBrieuc
- Sdowns\_poly
- Seine\_poly
- Solent\_poly
- Somme\_poly
- SouthKent
- Thames
- Veys\_poly
- WaddenNL
- Weymouth

Figure 19 (suite)



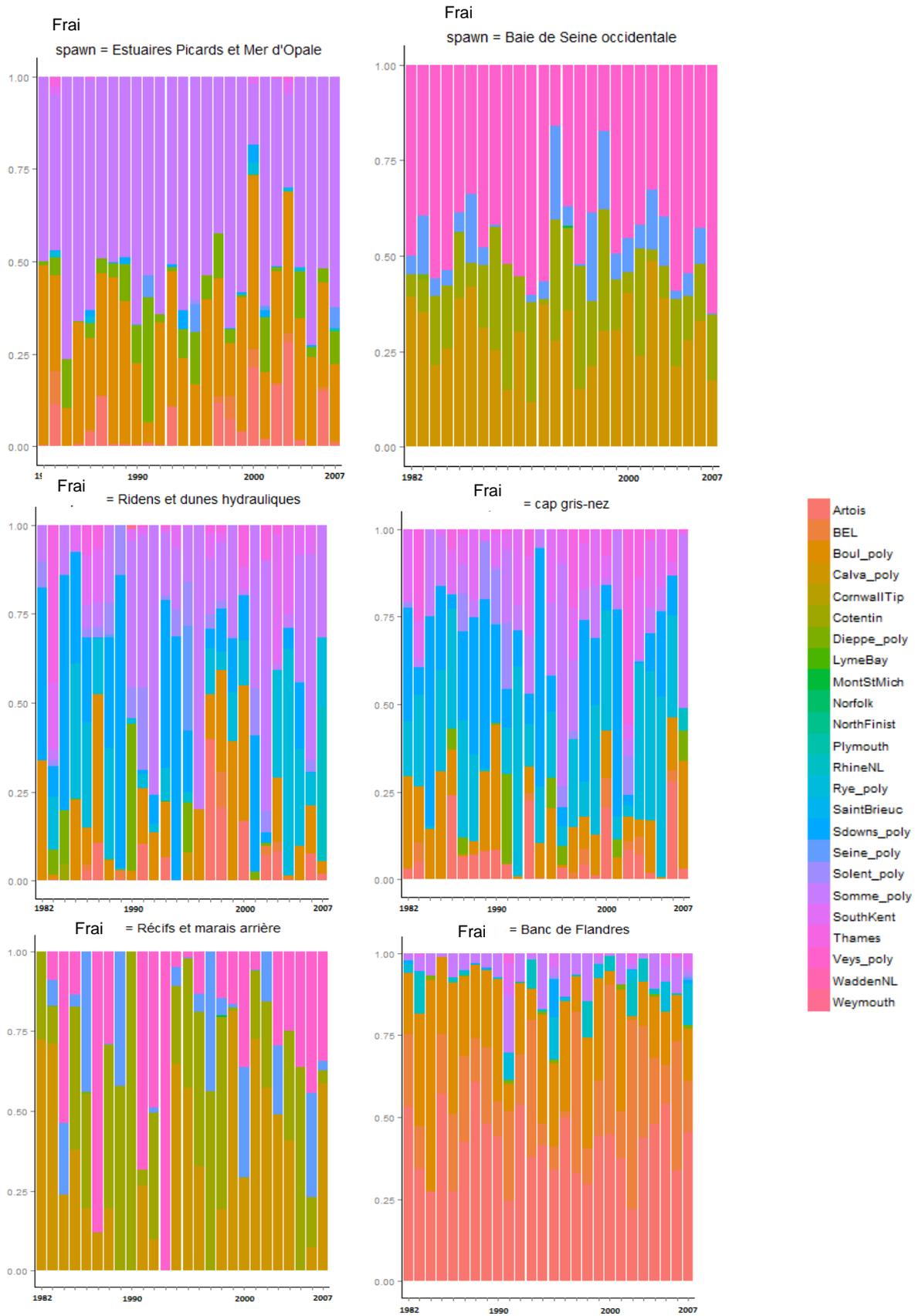


Figure 19 (suite)

Puis, pour chaque lieu de ponte, nous avons établi la répartition des larves provenant des différentes

AMP (c.-à-d. que les proportions font un total de 1 puisque les larves provenant de lieux de frai situés en dehors des AMP n'ont pas été prises en compte, Figure 20).

Certains lieux de ponte ne sont approvisionnés pratiquement que par des AMP situées dans leurs frontières. C'est le cas des AMP Cornwall Tip, Plymouth et Mont-Saint Michel dont le recrutement se fait au même endroit.

Pour la plupart des lieux de ponte, les AMP de contribution sont les mêmes chaque année bien que leur contribution relative varie au cours du temps. Ce n'est pas le cas pour l'AMP Mont-Saint Michel qui affiche une distribution extrêmement stable, ce qui est en phase avec la présence dans cette région de tourbillons permanents.

Certains des lieux de ponte sont cependant caractérisés par des changements de leurs AMP de contribution principale chaque année, par ex. RhineNL, Sdowns, Thames et Weymouth.

Les lieux de ponte le long des côtes anglaises de l'est, c'est-à-dire Sdowns, Rye, South Kent et Thames sont exclusivement approvisionnées par des AMP situées en dehors de leurs frontières car elles ne comprennent pas d'AMP dans lesquelles des activités de frai ont lieu.

Le lieu de ponte de Solent reçoit des larves provenant du plus grand nombre d'AMP, c'est-à-dire 6 : l'AMP South Wight Maritime, mais également Studland to Portland, ainsi que les AMP françaises « Banc des Flandres », « Cap Gris-Nez », « Estuaires picards et mer d'Opale » et « Ridens et dunes hydrauliques ».

Certains lieux de ponte ne reçoivent pas de larves en provenance des AMP chaque année, par ex. Cornwall tip ou Rhine NL.

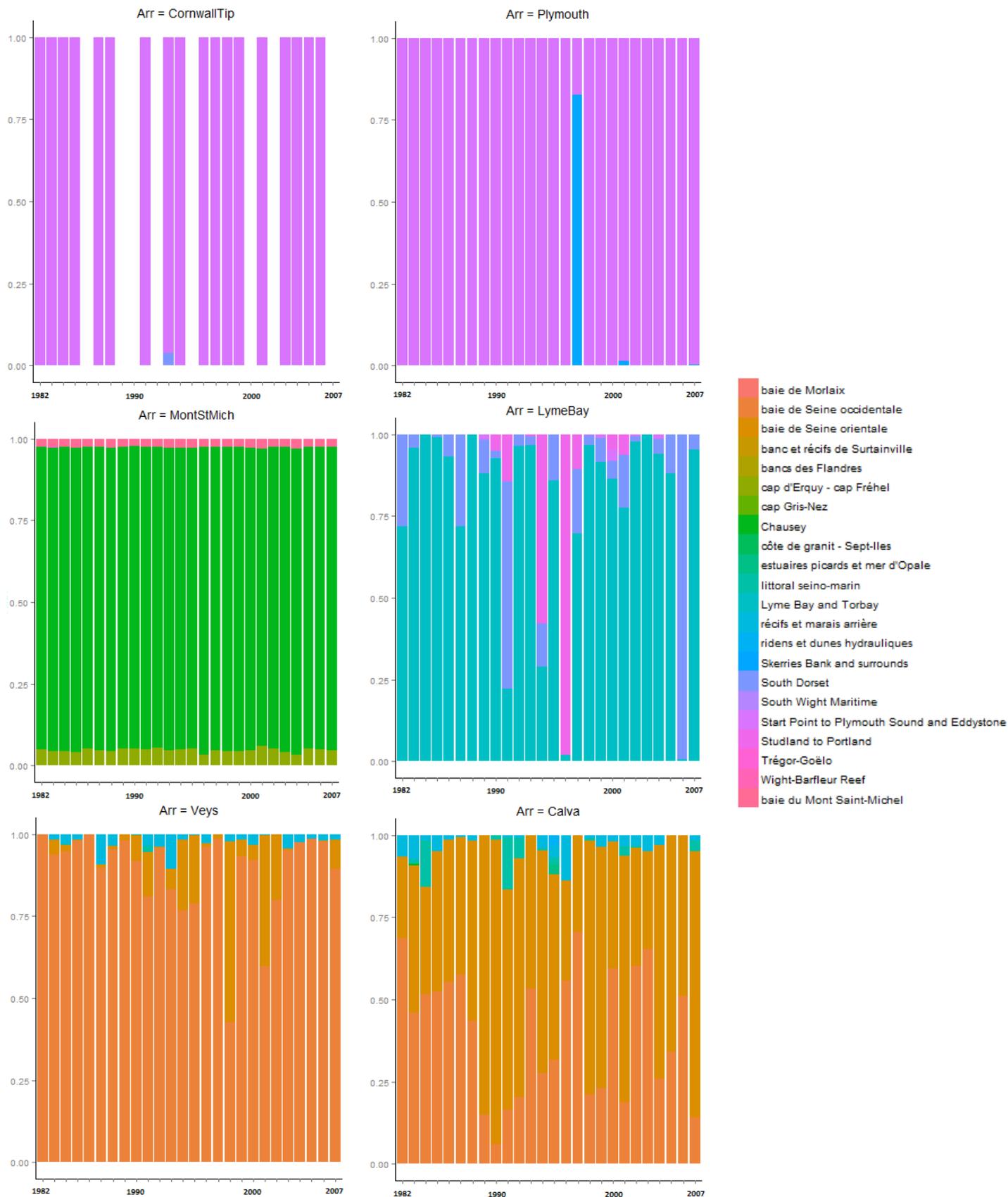
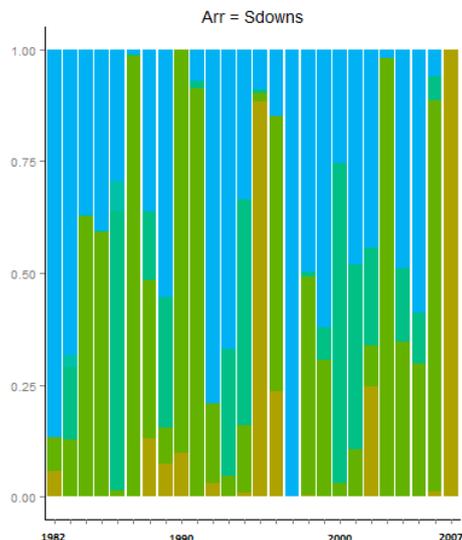
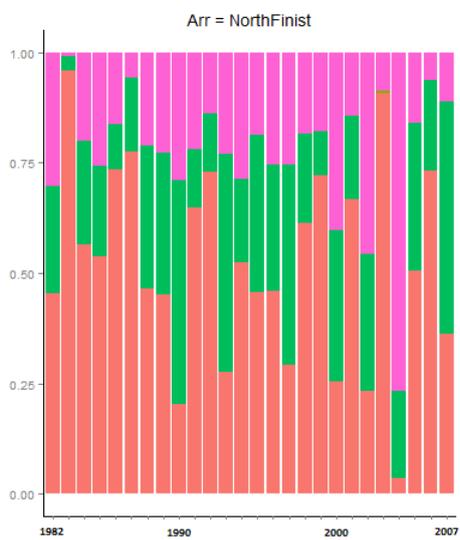
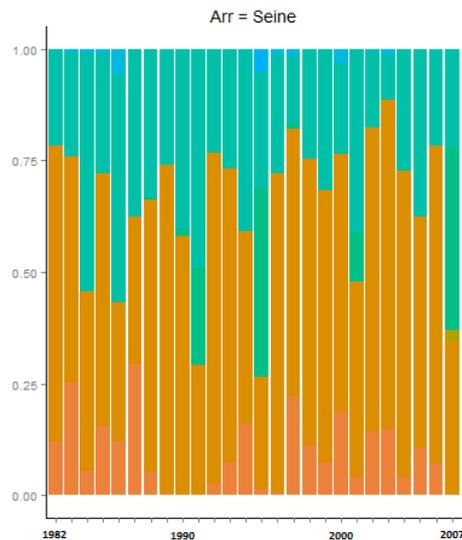
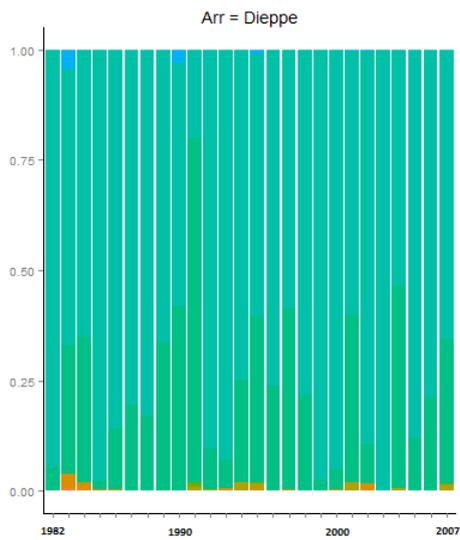


Figure 20 : Proportion de larves pour un lieu de ponte donné et provenant de l'ensemble des AMP.



- baie de Morlaix
- baie de Seine occidentale
- baie de Seine orientale
- banc et récifs de Surtainville
- bancs des Flandres
- cap d'Erquy - cap Fréhel
- cap Gris-Nez
- Chausey
- côte de granit - Sept-Iles
- estuaires picards et mer d'Opale
- littoral seino-marin
- Lyme Bay and Torbay
- récifs et marais arrière
- ridens et dunes hydrauliques
- Skerries Bank and surrounds
- South Dorset
- South Wight Maritime
- Start Point to Plymouth Sound and Eddystone
- Studland to Portland
- Trégor-Goëlo
- Wight-Barfleur Reef
- baie du Mont Saint-Michel

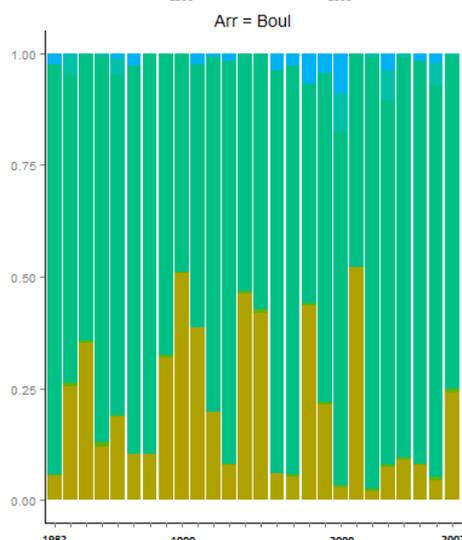
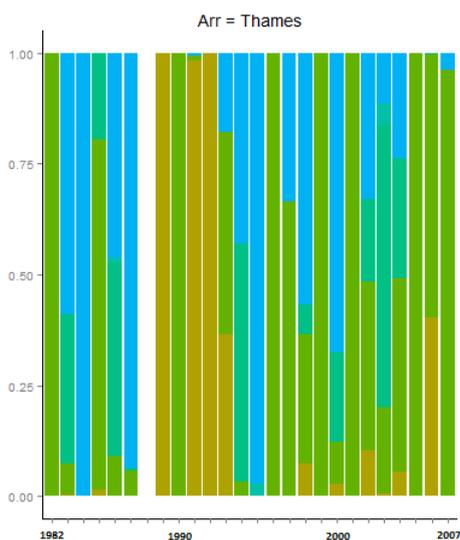
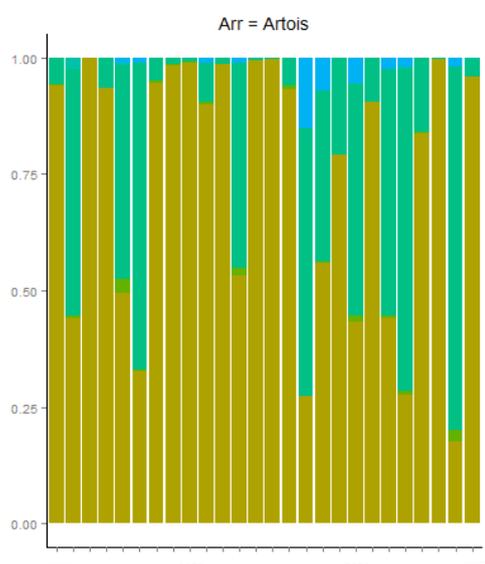
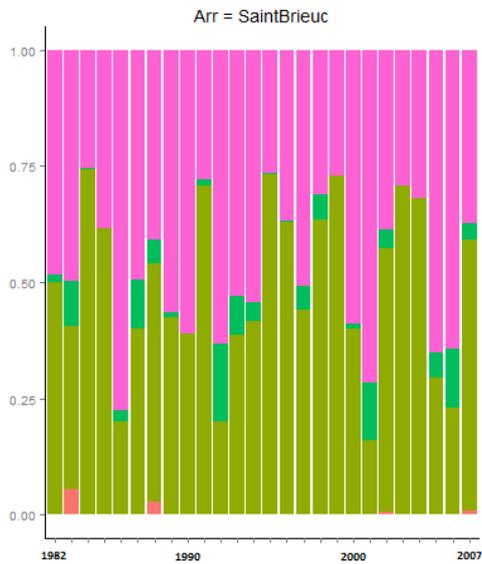
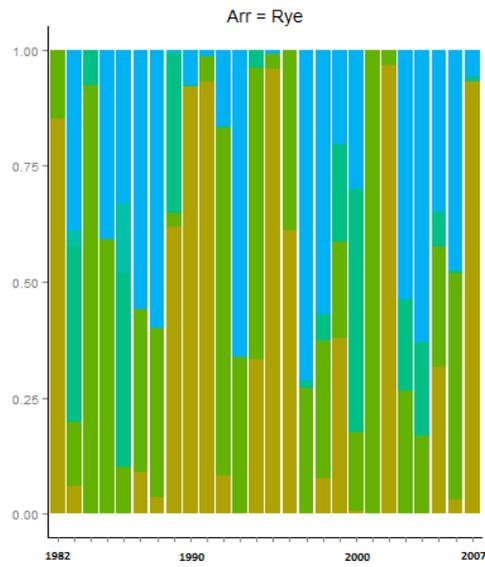
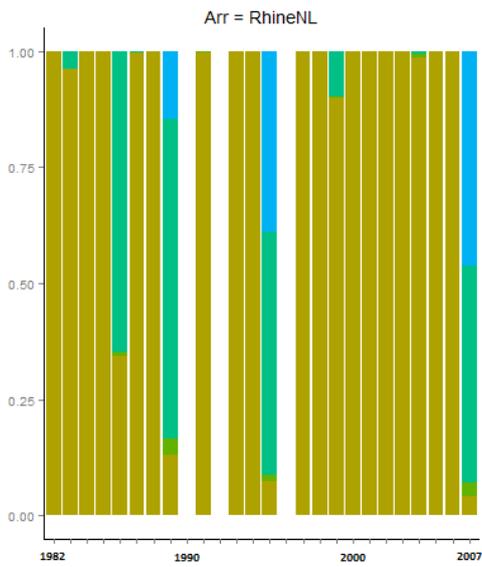


Figure 20 (suite)



- baie de Morlaix
- baie de Seine occidentale
- baie de Seine orientale
- banc et récifs de Surtainville
- bancs des Flandres
- cap d'Erquy - cap Fréhel
- cap Gris-Nez
- Chausey
- côte de granit - Sept-Iles
- estuaires picards et mer d'Opale
- littoral seino-marin
- Lyme Bay and Torbay
- récifs et marais arrière
- ridens et dunes hydrauliques
- Skerries Bank and surrounds
- South Dorset
- South Wight Maritime
- Start Point to Plymouth Sound and Eddystone
- Studland to Portland
- Trégor-Goëlo
- Wight-Barfleur Reef
- baie du Mont Saint-Michel

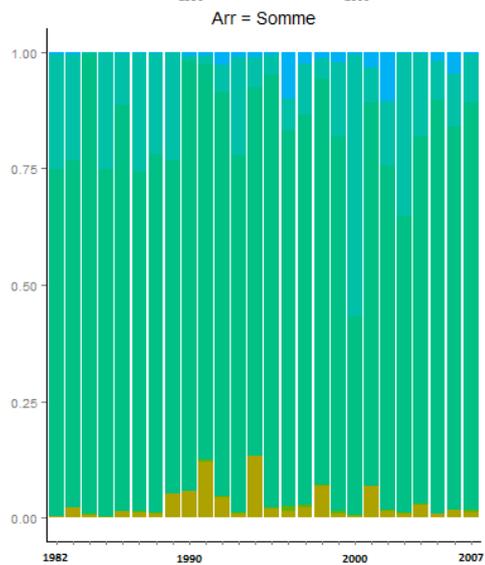
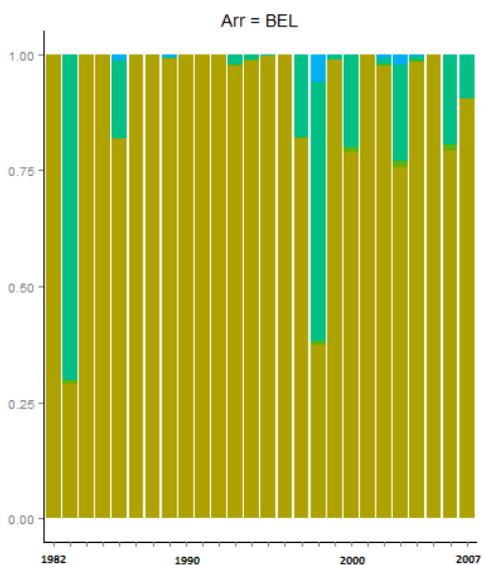
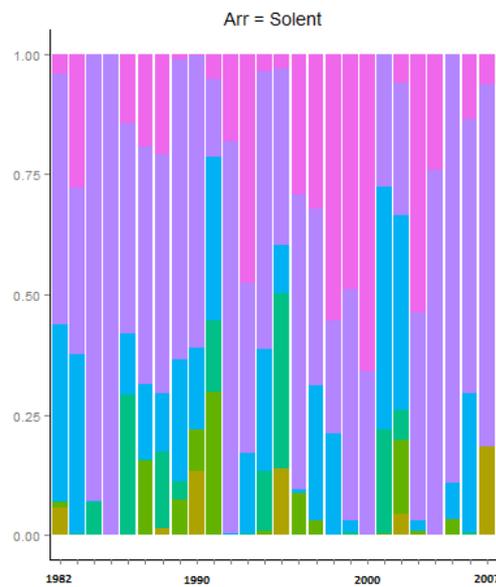
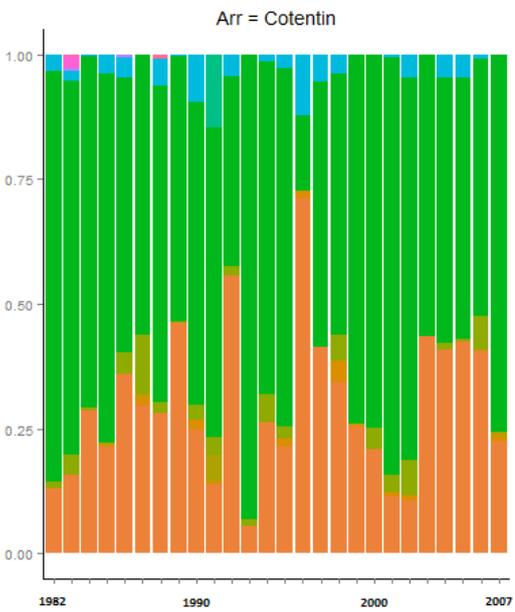
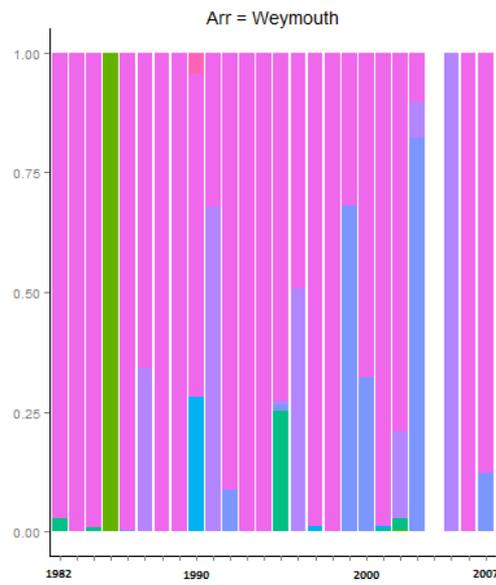
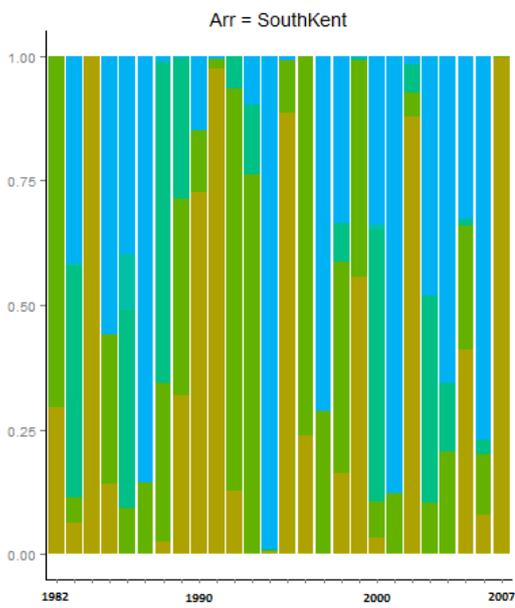


Figure 20 (suite)



- baie de Morlaix
- baie de Seine occidentale
- baie de Seine orientale
- banc et récifs de Surtainville
- bancs des Flandres
- cap d'Erquy - cap Fréhel
- cap Gris-Nez
- Chausey
- côte de granit - Sept-Iles
- estuaires picards et mer d'Opale
- littoral seino-marin
- Lyme Bay and Torbay
- récifs et marais arrière
- ridens et dunes hydrauliques
- Skerries Bank and surrounds
- South Dorset
- South Wight Maritime
- Start Point to Plymouth Sound and Eddystone
- Studland to Portland
- Trégor-Goëlo
- Wight-Barfleur Reef
- baie du Mont Saint-Michel

Figure 20 (suite)

## IV Discussion

L'étude actuelle fait partie du Lot 1 dédié à l'analyse de la cohérence écologique du réseau actuel d'AMP de la Manche anglaise. Elle se concentre sur l'analyse de la connectivité entre les AMP au cours du stade larvaire d'espèces méroplanctoniques (invertébrés et poissons). Deux approches complémentaires ont été utilisées, toutes deux basées sur la modélisation lagrangienne du déplacement des œufs et des larves.

Dans la première approche, c'est-à-dire l'approche générique, 158 espèces ont été prises en compte et regroupées en 53 groupes selon leurs caractéristiques biologiques. En raison d'un manque d'information, il n'a pas été possible d'intégrer une répartition réelle et observée des zones de frai : pour tous les groupes, les œufs ont été libérés dans toutes les AMP et la rétention des larves a été calculée pour toutes les AMP. Par conséquent, la connectivité potentielle établie ici est probablement surestimée. Dans le modèle utilisé, aucun comportement larvaire n'a été pris en compte ; les œufs et les larves sont modélisés en tant que particules passives. La rétention des particules dans des zones de ponte appropriées est donc peut-être sous-estimée, et la connectivité globale s'en trouve modifiée car l'on suppose que les larves utilisent plusieurs processus, dont la migration verticale, afin de se maintenir dans un habitat approprié (Runge et al. 2005 ; Leis 2007). Enfin, en raison de contraintes dues à la durée de la simulation, cette approche générique a été limitée à un an et il n'a pas été possible de tester l'effet de la variabilité interannuelle sur la connectivité globale.

La seconde approche utilisée ici complète l'approche générique, en ne se concentrant que sur une seule espèce, mais en utilisant un modèle plus spécifique sur une durée de 26 ans. L'activité de frai de la sole est représentée de façon assez réaliste dans le modèle relatif à la sole en termes de durée, de répartition et de quantité, et la biologie des larves est prise en compte dans une certaine mesure (influence de la température sur la croissance et la mortalité, migration verticale nyctémérale). Cependant, ni la prédation sur les œufs et les larves, ni l'alimentation des larves ne sont prises en compte. De plus, le modèle n'a pas été suffisamment validé par comparaison de ses résultats avec de véritables données de répartition des larves.

Pour les deux approches, le réseau d'AMP a dû être simplifié. Tout d'abord en termes de surface : certaines AMP étaient trop petites ou situées trop dans les terres (étant donné l'échelle de nos modèles) et n'ont pas été prises en compte ; d'autres (dont des AMP avec un statut différent) se chevauchaient et ont été rassemblées dans des groupes d'AMP, une partie de l'analyse ne pouvant être effectuée à partir d'objets spatiaux aussi complexes. De plus, la variété des statuts des AMP n'a pas été prise en compte, puisque toutes les AMP ont été traitées de la même manière dans nos modèles. De nombreuses AMP de notre sélection ne disposent pas de toute façon de mesures de gestion mises en place à l'heure actuelle (pour les espèces et les habitats marins), et cette étude a donc pour objectif de fournir un aperçu de l'optimisation que pourraient apporter de futures mesures de gestion potentielles.

L'objectif initial de cette étude était d'évaluer la connectivité planctonique du réseau d'AMP de la Manche actuellement en place. Par conséquent, dans l'approche générique, seule la connectivité entre les AMP a été évaluée (c'est-à-dire que les œufs ont été déposés dans l'AMP et que l'approvisionnement en larves n'a été estimé que sur les AMP). Dans le cas de la seconde approche, la conception du modèle nous a empêché de procéder de la même manière. (1) Le frai a été distribué sur l'ensemble du domaine du modèle. La probabilité de survie des larves a donc été établie pour l'ensemble de la Manche, mais pour le reste de l'étude, seuls les œufs déposés dans des AMP ont été pris en compte, comme dans la première approche. (2) L'approvisionnement en larves a dû être estimé à l'échelle de chaque zone de ponte globale (voir la section concernant les méthodes p 20).

En règle générale, l'étude présente montre une grande connectivité larvaire entre des AMP adjacentes et souvent une baisse de connectivité avec l'augmentation des distances. Nos résultats confirment les résultats présentés dans le rapport principal WP1 du projet PANACHE (Foster et al. 2014) qui établit une connectivité assez faible entre les AMP françaises et anglaises. La position particulière de l'AMP au large, Wight-Barfleur Reef, est essentielle en termes de connectivité planctonique car il s'agit du lien principal entre les AMP des deux pays. Les AMP situées autour du Pas de Calais montrent également un certain échange de particules en raison de leur proximité géographique et des conditions hydrodynamiques. Il est important de noter que pour les espèces ayant une dispersion sur une longue distance, un lien entre les AMP françaises de l'ouest et les AMP anglaises de l'ouest peut exister. Cependant, en règle générale, les courants en direction de l'est de la Manche (Sentchev et al. 2006) transportent des particules le long d'un axe longitudinal vers la mer du Nord et peuvent se comporter comme des barrières naturelles aux particules, ce qui empêche généralement les échanges sur un axe Nord-Sud. Dans la configuration actuelle du réseau d'AMP de la manche, c'est-à-dire avec une seule AMP au large, ce petit échange transfrontalier de particules tend à accréditer l'idée selon laquelle la gestion des AMP doit être envisagée de manière nationale plutôt que transfrontalière.

Dans l'approche générique multi-espèces, des points de forte connectivité ont été identifiés, en l'occurrence le « Golfe Normand-Breton », le Pas de Calais et les côtes de Cornouailles, pour lesquels la gestion devrait être organisée en coopération entre les gestionnaires locaux. De fait, les actions organisées dans une aire en particulier peuvent avoir des répercussions sur d'autres zones et réciproquement des changements observés dans une AMP en particulier peuvent provenir de la mise en œuvre d'une mesure de gestion dans d'autres zones. Ces ensembles forment des groupes d'AMP très connectées et devraient donc être gérés de manière cohérente et intégrée. D'autres AMP montrent en revanche des échanges peu perceptibles par rapport au reste du réseau d'AMP, comme l'AMP française « littoral augeron » dans l'approche générique ou l'AMP « Baie du Mont Saint Michel » dans l'étude de cas de la sole. Ces aires ne pourront pas bénéficier des avancées sur les aires adjacentes et des mesures de conservation spécifiques devront donc être mises en œuvre dans ces zones « isolées ».



Nos résultats suggèrent que les AMP suivantes forment d'importantes sources potentielles de larves : « Côte de granit rose – Sept îles », « Trégor-Goëlo », « anse de Vaudeville », « Récif et landes de la Hague », « Récifs et marais arrières » et « Baie de Seine occidentale ». La connaissance des AMP sources et dépôt est essentielle à l'identification d'aires clés au sein du réseau actuel. En effet, les AMP source doivent être gérées avec précaution car les œufs et les larves provenant de telles aires se répandront sur plusieurs zones, afin d'assurer la sur-dispersion des descendants des organismes protégés.

À un niveau plus global d'agrégation, le taux de rétention global des particules au sein du réseau actuel d'AMP de la Manche est d'environ 15 à 45 % pour la majorité des espèces, mais va de 5 % à 85 % selon la durée de dispersion. Le réseau d'AMP de la Manche peut donc être visualisé comme une aire source fractionnée fournissant des particules aux zones non protégées de la Manche, ce qui correspond à l'un des rôles attendus de l'AMP (Russ et al. 2004).

Dans l'approche spécifique, nous avons trouvé que la connectivité variait énormément entre les années, à l'exception de quelques endroits, tels que la « Baie du Mont Saint Michel ». Dans la plupart des cas, les liens entre les AMP et les lieux de ponte étaient les mêmes chaque année mais avec une puissance variable. Mais dans certains cas, les liens de connectivité changeaient avec le temps (par ex. côte anglaise de l'est : Sdowns, Thames, Weymouth et Kent). L'extrapolation de ces résultats nous permet d'étudier avec un fort degré de confiance la fréquence des liens entre les AMP obtenus à partir de l'approche générique, même en ne se basant que sur un an de simulation, mais suggère la prudence lors de l'analyse des résultats concernant le nombre de particules ou les pourcentages de rétention. Les résultats pour la sole ont montré, à l'instar de ceux observés dans l'approche générique, une faible connectivité entre les côtes anglaises et françaises, à l'exception de la région du Pas de Calais, où les échanges sont assez significatifs (des côtes françaises aux côtes anglaises), ainsi que le statut de source considérable de larves pour l'AMP du Nord de la France. Nous avons également identifié la Baie du Mont Saint Michel et la Baie de Seine comme étant des lieux de ponte assez isolés et en auto-recrutement (aucune d'entre elles ne reçoit des larves provenant d'autres AMP, ni n'exporte de larves vers d'autres régions). Ces résultats sont associés à la période de frai et à la durée du stade larvaire de la sole et ne peuvent être comparés qu'au cas de la sole dans l'approche générique.

## V Recommandations

D'après les résultats de l'évaluation de la connectivité planctonique du réseau d'AMP de la Manche, les recommandations suivantes sont faites concernant l'amélioration du statut du réseau d'AMP de la Manche en prenant en compte les liens de connectivité établis avant les mesures de gestions.

1. Le taux de rétention global du réseau est principalement fonction de la durée du déplacement, plutôt que des saisons et de la profondeur de la libération. La connectivité larvaire des espèces qui n'ont pas été incluses dans la présente étude peut donc être approximée en n'utilisant que leur durée de déplacement.
2. Certaines AMP (par ex. « littoral augeron », « Baie du Mont Saint Michel ») pratiquent l'auto-recrutement : une protection des adultes en période de frai peut avoir un effet direct sur la fonction de ponte. De telles aires semblent vulnérables car elles ne peuvent pas bénéficier de la protection d'autres zones.
3. Certaines AMP sont très connectées au sein d'ensembles (« Golfe Normand-Breton », Pas de Calais et Cornwall coast) et devraient être gérées ensemble.
4. Certaines AMP sont des aires de dépôt, c'est-à-dire des lieux de ponte potentiellement importants, mais les lieux de frai doivent également être protégés si l'amélioration de la productivité d'une espèce en particulier doit devenir un objectif supplémentaire des AMP.
5. Les AMP anglaises et françaises sont très mal connectées ce qui tend à aller vers le sens d'une gestion nationale des AMP plutôt que d'une gestion transfrontalière. Selon la vraie répartition des espèces présentant un intérêt particulier, augmenter l'échange transfrontalier de larves exigerait de définir de nouvelles AMP situées au large dans des aires où la connectivité pélagique ne peut se faire en raison de trop grandes distances.



## Références

- Anderson JT, 1988. A review of size dependent survival during pre-recruit stages of fishes in relation to recruitment. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science* 8:55-66
- Foster, N. L., Sciberras, M., Jackson, E. L., Ponge, B., Toison, V., Carrier, S., Christiansen, S., Lemasson, A., Wort, E. and Attrill, M. 2014. Assessing the Ecological Coherence of the Channel MPA Network. Report prepared by the Marine Institute for the Protected Area Network Across the Channel Ecosystem (PANACHE) project. INTERREG programme France (Channel) England funded project, 156 pp
- ICES, 2010. Report of the Working Group on the Assessment of Demersal Stock in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK), 5-11 May 2010. ICES CM 2010/ACOM:13. Copenhagen: ICES Headquarters, 1058 pp.
- Jones, G.P., Russ, G.R., Sale, P.F., Steneck, R.S., 2008. Theme section on "Larval connectivity, resilience and the future of coral reefs". *Coral Reefs* 28, 303-305.
- Kritzer, J.P., Sale, P.F., 2004. Metapopulation ecology in the sea: from Levins' model to marine ecology and fisheries science. *Fish And Fisheries* 5, 131-140.
- Lazure P and Dumas F, 2008. An external-internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). *Advances in Water Resources* 31: 233-250.
- Leggett WC, Deblois E, 1994. Recruitment in marine fishes: is it regulated by starvation and predation in the egg and larval stages? *Netherlands Journal of Sea Research* 32:119-134
- Leis, J.M., 2007. Behaviour as input for modelling dispersal of fish larvae: behaviour, biogeography, hydrodynamics, ontogeny, physiology and phylogeny meet hydrography. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 347, 121-126.
- Lett C, Verley P, Mullon C, Parada C, Brochier T, Penven P, Blanke B (2008) A Lagrangian tool for modelling ichthyoplankton dynamics. *Environmental Modelling & Software* 23 (9):1210-1214.
- Nicolle, A., Dumas, F., Foveau, A., Foucher, E., & Thiébaud, E. (2013). Modelling larval dispersal of the king scallop (*Pecten maximus*) in the English Channel: examples from the bay of Saint-Brieuc and the bay of Seine. *Ocean Dynamics*, 63(6), 661-678.
- OSPAR, 2006. Guidance on developing an ecologically coherent network of OSPAR marine protected areas. OSPAR Commission, London, UK, p. 11.
- OSPAR, 2008. A matrix approach to assessing the ecological coherence of the OSPAR MPA network, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic: Meeting of the Working Group on Marine Protected Areas Species and Habitats (MASH), pp. 1-15.
- Rochette S, Huret M, Rivot E, Le Pape O, 2012. Coupling hydrodynamic and individual-based models to simulate long-term larval supply to coastal nursery areas. *Fisheries Oceanography* 21(4) : 229-242
- Runge, J., Franks, P., Gentleman, W., Megrey, B., Rose, K., Werner, F., Zkardijan, B., 2005. Diagnostic and prediction of variability in secondary production and fish recruitment processes developments in physical-biological modelling. In: Robinson, A.R., Brink, K. (Eds.), *The Sea. : The Global Coastal Ocean, Multiscale Interdisciplinary Processes*, 13. John Wiley and Sons, Inc., NY, pp. 413-473.

- Russ, G.R., Alcala, A.C., Maypa, A.P., Calumpong, H.P. White A.T. 2004. Marine reserve benefits local fisheries. *Ecological Applications* 14:597–606.
- Sciberras, M., Rodriguez-Rodriguez, D., Ponge, B., Jackson, E., 2013. Criteria for assessing ecological coherence of MPA networks: A review. Report prepared by the Marine Institute and the Agence des Marines Protegees for the Protected Area Network Across the Channel Ecosystem (PANACHE) project. INTERREG programme France (Channel) – England (2007 – 2013) funded project, p. 48.
- Sentchev A, Yaremchuk M, Lyard F, 2006. Residual circulation in the English Channel as a dynamically consistent synthesis of shore-based observations of sea level and currents. *Continental Shelf Research* 26: 1884-1904.
- UNEP-WCMC, 2008. National and Regional Networks of Marine Protected Areas: A Review of Progress. UNEP-WCMC, Cambridge, UK, p. 156.

# Annexe

Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<b>DEMERSAL AND BENTHIC FISH</b>								
Ammodytidae	december-january	all species lay demersal adhesive eggs which attach to sand-grains. Leave the sand in order to spawn.	y : 6mm metamorphose length= 45mm	2 to 4 months	90 days	90 days	larvae and post-larvae are pelagic during all stages of development.	shallower sand and fine gravel of the continental shelf from littoral to offshore habitat. Western english Channel and Channel Islands
Aspitrigla cuculus	April - august	female lay eggs which float at the surface. After hatching, larvae leave are pelagic before living at the bottom.		16 days	8 days	24 days	pelagic eggs and larvae	in the central Channel . Between north Cotentin and Uisle of Wight from february until June.
Buglossidium luteum	mai-August	eggs between the surface and 1m depth	0,69 - 0,94 mm 2 mm 3,5 mm	hatch at 2mm	metamorphosis begins at 7mm	24 days	pelagic larvae after hatching. Spawning event appeared in function of water temperature. There are 2 spawning events, separated from one month.	along the coast. Abundant between 5-20m depth. Found in the south coast of england (English Channel). Distribution not related to sediment type.
Callionymidae	April - august	spawning in 4 phases : courtship, pairing, ascension to the surface and release of pelagic eggs.	0,81 - 0,97 mm 2mm 4 - 5 mm	1 days	6 days	7 days	Larvae also pelagic.	in temperate and warm seas. Sandy and muddy substrate sometimes under stones. From the tidal zone down to 200m. Spawning areas seem to display shallow depth but stong bed shear stress with higher temperature.
Chelidonichthys gurnardus	february to august	eggs and larvae are pelagic. Eggs float in the water column.	1,16 - 1,63 mm 3,5 mm 4,7 mm	5 days	8 days	13 days	pelagic life	sandy mud bottom between 0 and 200m depth
Clupea harengus	end of november to february with a peak in december	benthic spawner, eggs attached to gravel, stones or vegetation	0,9 - 1,5mm 5 to 9 mm 8,2 mm	2-3 weeks (stay attached to the bottom)	60 days 40mm at metamorphosis	60 days	herring spawn near the bottom (5-20m) at the french side of the Channel from Fécamp to Dunkerque in gravelly, rocky bottoms. Eggs fall in the bottom and fixed to the substrate.	shallow waters (5-20m), gravelly substrates, from Boulogne sur Mer to Fecamp
Dicentrarchus labrax	from mid-february to end of june (peak from mid-february to end of march in western channel)	eggs are pelagic. No density which permit to maintain on the plankton.	1,20 - 1,51 mm 3,5 mm 5 mm	5 days	30 days	35 days	hatching when the eggs mesure 3,5mm. Larvae stay 30 days in coastal area then, they go in estuary areas where juveniles spend among 3 years.	spawning areas first in the western english Channel and then in the eastern English Channel at the end of the season.
Echiichthys vipera	june - august	pelagic eggs spawned in the water column.	1,01 - 1,37 mm 3 mm 4,5 mm	9 days hatching at 3mm	7 days metamorphosis at 8.3mm	18 days	planctonic eggs and larvae	Common on clean sandy bottoms from the low water mark to the shallow sub-littoral down to 50 m. The species lives buried in the sand with only the head and back uncovered. The species is probably most active at night. Lives in very shallow depths to 150m, buried in the sand in daytime.
Engraulis encrasicolus	April - august	spawning near the surface (10-30m depth) having a temperature between 14 and 19°C	1,2 - 1,9 mm 3,5 mm 4mm	4 days	30 days	34 days	1 spawning event each 3-4 days between 22h and 2h, near the surface (<30m).	areas off the Seine estuary, east of the Isle of Wight, off the Normandy coast and south of the Dover Strait.
Gadus morhua	December - May	benthic spawner in a bottom between 50 and 200m	1,16 - 1,89 mm 3 mm 5 mm	12 days	5 months (pelagic larvae) before moving to the bottom	167 days	fast growth for alevin with a length of 20cm after the first year of life	bottom between 50 and 200m. 2 different zone for spawning and nutrition = seasonal migrations. Spawning region in North sea



Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<b>DEMERSAL AND BENTHIC FISH</b>								
<i>Limanda limanda</i>	february to april	benthic spawner in a bottom between 20 and 40m	0,66 - 0,98 mm 3 mm 5mm	14 days	6 days metamorphosis in may-june at a length of 12- 13mm	20 days	migration to the bottom after the metamorphosis. First year between 8-10m then they leave the coastal region.	coastal region (20-40m), Channel and south of the North sea. Spawning area seems to require fine to coarse sands. Spawning grounds are in the central eastern of the English Channel.
Lotidae	january - september	spawn pelagic eggs off the eastern Channel. Spawning on sediment types ranging from coarse sand to pebbles. Eggs fall in the bottom		4 weeks	3 months (with the first to weeks swimming to the surface)	120 days	pelagic eggs and larvae. Spawning site in fairly shallow waters (<5m depth) over sand or gravel bottom. Fertilized eggs will then drift until they settle into cracks and holes in the substrate.	spawning area appears to require shallow to intermediate depth, with higher temperature but lower salinities and chlorophyll a concentration than elsewhere.
<i>Merlangius merlangus</i>	march - june	water column at 20 to 150m depth	0,97 - 1,32 mm 3,2 - 3,5 mm 6,5 mm	10 days	20 days	30 days	eggs are pelagics. Larvae and juveniles often associated to jelly fish and do not become demersal until they reach 5 to 10cm. Juveniles concentrate in coastal waters. Fast growth (from 15 to 19cm at 1 year). Spwan in the continental shelf until 200m depth with an important concentration between 40 and 80m depth.	spawning at 20 to 150m. Spawning area are extended from the central part of the english Channel and along the French and British coast. Benthodemersal species living on gravel or mud bottom between 10 and 200m found in marine and brackish temperate water.
<i>Microstomus kitt</i>	march - august	pelagic eggs float at the surface.	1,13 - 1,45 mm 4 mm 4,7 mm	8 days	4 days undergo metamorphosis when they reach 15-20mm. Fry then migrate to the bottom.	12 days	pelagic larvae drif with currents at the surface but migrate deeper in the water column during development	benthic species that lives on hard bottoms (rock shelf), gravels or shelly sand between 40 to 200m principally in temperate marine waters.
<i>Mullus surmuletus</i>	may - july	eggs are pelagic (in the water column)		8 days	32 days	40 days	absorbtion of the vitellus 4 days after eclosion then migration to the coastal region in autumn. Juveniles live on sand and shelly sand bottom below 10m depth.	pelagic fish living on pebbly, gravelly and sandy bottom on the continental shelf and on the continental slope between 10 and 300m depth. Found in marine water which temperature between 8 and 24°C
<i>Platichthys flesus</i>	february - june	pelagic eggs float at the water surface	0,82 - 1,13 mm 2 - 3 mm 4,5 mm	7 days	10 days undergo metamorphosis reaching 15-20mm length.	17 days	at first pelagic eggs float at the water surface and then sink in deeper waters during development. Pelagic larvae that migrate to the bottom reaching 7-10mm.	in marine waters or estuary (brackish water). The spawning areas seem to require coarse sands, deep waters though protected from tidal currents, and relatively warm temperatures.
<i>Pleuronectes platessa</i>	december - march	surface	1,66 - 2,17 mm 5,5 - 7 mm 5,8 mm	30 days	40 days	70 days	eggs start to float at the surface before going deeper in the water column. Larvae are pelagic before metamorphosing.	spawning areas seem to be located in the central english Channel in relatively deep waters protected from strong tidal currents.
<i>Sardina pilchardus</i>	september - december	the spawning area seems to shift eastwards between march to august, with sardines coming back in the western Channel from September to November.	1,3 - 1,9 mm 3,5 mm 5,5 mm	4 days	12 days	16 days	The pelagic eggs float between 10 and 70 m in depth.	pelagic fish gregarious. large schools which are found near to the surface at night (between 15 and 40 m in depth) and deeper during the day (between 30 and 50 m in depth). High abundance in the Seine estuary and in the Bay of Veys

Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<b>DEMERSAL AND BENTHIC FISH</b>								
<i>Scomber scombrus</i>	june - july	eggs float close to the surface. Pelagic eggs.	1,0 - 1,38 mm 3 mm 4 mm	6 days	20 days	26 days	The various larval and juvenile stages swim at depths between 0 and 30 m along the coast, until the autumn when they begin their migration towards offshore wintering areas.	gregarious pelagic fish found in substrates between 0 to 250 m, but mainly from the surface down to 40 m below. found in coastal waters: in estuaries, in the Dover Strait and in the southern North Sea.
<i>Solea solea</i>	February - june	pelagic eggs	0,95 - 1,58 mm 3 mm 4,3 mm	11 days	14 days	25 days	pelagic eggs and larvae. Benthic fry. Juneniles spend the first 2 or 3 years in coastal nurseries (bays and estuaries) where fast growth occurs before moving to deepers waters.	reproduction mainly in the coastal areas of the Dover Strait and in large bays (Somme, Seine, Solent, Mt St Michel, Start and Lyme Bay). Spawning starts when water temperature is higher than 7°C.
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	april - september	eggs at the bottom in nest in fine gravel. In coastal water between 20 and 30m depth.		10 days	pelagic larvae 2 months before migrating to nurseries areas	70 days	benthic eggs, pelagic larvae before migrating in nurseries areas in shallow waters	benthic-pelagic species spawning in coastal waters. Gravelly bottom. this species seems to tolerate a range of depths but favours weak bed shear stress and fine to gravelly sediment types that correspond to a range of coastal zones.
<i>Sprattus sprattus</i>	december - march	pelagic eggs and larvae	0,8 - 1,3 mm 3,5 mm 4,5 mm	5 days	20 days	25 days	Larvae were found almost everywhere except near the headlands of the Dover Strait and along the southern coast of Normandy.	Maximum preferred habitats were located in the center of the Dover Strait. This species does not follow the classical scheme of migration towards coastal nurseries as its larvae remains pelagic throughout their development.
<i>Trachurus trachurus</i>	May - september	Eggs only develop if temperature is warmer than 10°C.	0,81 - 1,04 mm 2,5 mm 3,5 mm	2,5 to 3 days (2,5mm length)	15 days	18 days	pelagic eggs and larvae	pelagic and gregarious fish. Lives in midwater or sandy substrates mostly between the surface and 200m depth. a very extensive favourable habitat. Low salinity and sandy sediments in the French coastal areas seemed to better suit these young individuals. reproduction in the easter english Channel
<i>Trisopterus luscus</i>	february - june	pelagic eggs	0,9 - 1,23 mm 3 mm 3,8 mm	12 days	13 days size of first metamorphosis = 18mm	25 days	After hatching, the larvae migrate to the bottom. Juveniles live near to the coast.	demersal and gregarious specie. mostly found on sandy (juveniles) or rocky substrates or around wrecks (adults), and from the surface near the coast to depths of 100-150 m. Juveniles also gather in estuaries.
<i>Trisopterus minutus</i>	february - may	external fertilisation. Eggs in the bottom and then pelagic larvae	0,95 - 1,03 mm 2,5 mm 4,5 mm	10 days	7 days size of first metamorphosis = 9,5mm	17 days	pelagic eggs and larvae	young individuals are found in shallow waters, often seen in and around wrecks, or in cracks or crevices of rocky substrates. Physiographic preferences = Open coast, Offshore seabed.
<i>Zeus faber</i>	June - august	no eggs observed in the English Channel. Demersal eggs	1,96 - 2,00 mm 4,3 mm 4,3 - 3,76 mm (due to change in morphology : shape)	17 days	8 days size of first metamorphose = 19mm	25 days	juveniles observed in the English Channel	



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>POISSON DÉMERSAL ET BENTHIQUE</b>								
Ammodytidae	Décembre à janvier	Toutes les espèces pondent des œufs adhésifs démersaux qui se fixent sur les grains de sable. Quittent le sable pour frayer.	y : 6 mm longueur de métamorphose : 45 mm	2 à 4 mois	90 jours	90 jours	Les stades larvaires et post-larvaires sont pélagiques à toutes les étapes du développement.	Sable et gravier fin peu profonds du plateau continental aussi bien pour les habitats littoraux que les habitats au large. Manche anglaise de l'ouest et Îles Channel
Aspitrigla cuculus	Avril à aout	La femelle pond des œufs qui flottent en surface. Après éclosion, les larves sont pélagiques avant de vivre au fond.		16 jours	8 jours	24 jours	Œufs et larves pélagiques	Dans la manche centrale. Entre le nord du Cotentin et l'île de Wight de février à juin.
Buglossidium luteum	Mai à aout	Œufs entre la surface et 1 m de profondeur	0,69 à 0,94 mm 2 mm 3,5 mm	éclosion à 2 mm	métamorphose commence à 7 mm	24 jours	Larves pélagiques après éclosion. Événement de frai apparaissant en fonction de la température de l'eau. Il y a 2 événements de frai, séparés d'un mois	Le long des côtes. Abondant entre 5 à 20 m de profondeur. Trouvé sur la côte sud de l'Angleterre (Manche anglaise). Répartition non liée à un type de sédiment.
Callionymidae	Avril à aout	frai en 4 phases : parade nuptiale, accouplement, ascension vers la surface et libération d'œufs pélagiques.	0,81 à 0,97 mm 2 mm 4 à 5 mm	1 jour	6 jours	7 jours	Larves également pélagiques.	Dans mers tempérées et chaudes. Substrats sableux et vaseux, parfois sous des roches. De la zone tidale jusqu'à 200 m. Zones de frai semblent présentes à faibles profondeurs, mais fortes contraintes de cisaillement au fond à des températures plus élevées.
Chelidonichthys gurnardus	Février à aout	Les œufs et les larves sont pélagiques. Les œufs flottent dans la colonne d'eau.	1,16 à 1,63 mm 3,5 mm 4,7 mm	5 jours	8 jours	13 jours	Vie pélagique.	Fond de vase sableuse entre 0 et 200 m de profondeur.
Clupea harengus	Fin novembre à février avec un pic en décembre	Reproducteur benthique, œufs fixés au gravier, à des pierres ou de la végétation.	0,9 à 1,5 mm 5 à 9 mm 8,2 mm	2 à 3 semaines (restent fixés au fond)	60 jours 40 mm à la métamorphose	60 jours	Les harengs se reproduisent près du fond (5 à 20 m) du côté français de la Manche de Fécamp à Dunkerque dans des fonds de gravier et de roche. Les œufs tombent au fond et se fixent au substrat.	Eaux peu profondes (5 à 20 m), substrats de graviers, de Boulogne sur Mer à Fécamp.
Dicentrarchus labrax	Mi-février à fin juin (pic de mi-février à fin mars dans la Manche de l'Ouest)	Les œufs sont pélagiques. Aucune densité, ce qui permet de se maintenir sur le plancton.	1,20 à 1,51 mm 3,5 mm 5 mm	5 jours	30 jours	35 jours	Éclosion lorsque les œufs mesurent 3,5 mm. Les larves restent 30 jours dans les zones côtières, puis se déplacent vers les zones estuariennes où les juvéniles restent environ 3 ans.	Zones de frai d'abord dans la Manche anglaise de l'ouest, puis dans la Manche anglaise de l'est vers la fin de la saison.
Echiichthys vipera	Juin à aout	Œufs pélagiques pondus dans la colonne d'eau.	1,01 à 1,37 mm 3 mm 4,5 mm	9 jours éclosion à 3 mm	7 jours métamorphose à 8,3 mm	18 jours	Œufs et larves planctoniques	Commun dans des fonds sableux clairs d'une faible profondeur d'eau jusqu'au sous-littoral peu profond à 50 m. L'espèce vit enfouie dans le sable avec seulement la tête et le dos à découvert. L'espèce est probablement plus active la nuit. Vit à de très faibles profondeurs jusqu'à 150 m, enfouie sous le sable dans la journée.



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>POISSON DÉMERSAL ET BENTHIQUE</b>								
Engraulis encrasicolus	Avril à aout	Frai près de la surface (10 à 30 m de profondeur) avec une température comprise entre 14 et 19 °C.	1,2 à 1,9 mm 3,5 mm 4 mm	4 jours	30 jours	34 jours	1 événement de frai tous les 3 à 4 jours entre 22 h et 2 h, près de la surface (< 30 m).	Zones de l'estuaire de la Seine, à l'est de l'île de Wight, au large des côtes normandes et au sud du Pas de Calais.
Gadus morhua	Décembre à mai	Reproducteur benthique sur un fond situé à une profondeur entre 50 et 200 m.	1,16 à 1,89 mm 3 mm 5 mm	12 jours	5 mois (larve pélagique) avant de se déplacer vers le fond	167 jours	Croissance rapide pour les alevins avec une longueur de 20 cm après la première année de vie.	Fond entre 50 et 200 m. 2 zones de frai et d'alimentation différentes = migrations saisonnières. Zone de frai en mer du Nord.
Limanda limanda	Février à avril	Reproducteur benthique sur un fond entre 20 et 40 m	0,66 à 0,98 mm 3 mm 5 mm	14 jours	6 jours métamorphose en mai-juin pour une longueur de 12 à 13 mm	20 jours	Migration au fond après la métamorphose. Première année entre 8 et 10 m puis quittent la zone côtière.	Zone côtière (20 à 40 m), Manche et sud de la mer du Nord. Zones de frai semblent nécessiter des sables fins à grossier. Les lieux de frai se situent dans la zone centrale de l'est de la Manche anglaise.
Lotidae	Janvier à septembre	Pond des œufs pélagiques au large de la Manche de l'est. Fraiye sur des types de sédiment allant du sable rugueux à des galets. Les œufs se déposent au fond.		4 semaines	3 mois (avec une à plusieurs premières semaines passées en surface)	120 jours	Œufs et larves pélagiques. Site de frai dans des eaux assez peu profondes (< 5 m de profondeur) sur fonds de sable ou de graviers. Les œufs fertilisés dérivent ensuite jusqu'à ce qu'ils se fixent dans des fissures et des trous dans le substrat.	Les zones de frai semblent nécessiter une profondeur faible à intermédiaire, avec des températures plus élevées mais des salinités et une concentration en chlorophylle a plus faibles qu'ailleurs.
Merlangius merlangus	Mars à juin	Colonne d'eau de 20 à 150 m de profondeur.	0,97 à 1,32 mm 3,2 à 3,5 mm 6,5 mm	10 jours	20 jours	30 jours	Les œufs sont pélagiques. Les larves et les juvéniles sont souvent associés à des méduses et ne deviennent démersaux que lorsqu'ils atteignent 5 à 10 cm. Les juvéniles se concentrent dans les eaux côtières. Croissance rapide (de 15 à 19 cm en 1 an). Pondent sur le plateau continental jusqu'à 200 m de profondeur avec une concentration importante entre 40 et 80 m de profondeur.	Frai de 20 à 150 m. Les zones de frai s'étendent dans la partie centrale de la Manche anglaise et le long des côtes britannique et française. Espèce benthodémersal vivant sur des fonds de gravier ou de vase entre 10 et 200 m et se trouvant dans des eaux salées ou saumâtres tempérées.
Microstomus kitt	Mars à aout	Œufs pélagiques flottant à la surface.	1,13 à 1,45 mm 4 mm 4,7 mm	8 jours	4 jours avec métamorphose lorsqu'ils atteignent 15 à 20 mm. Fraiyent puis migrent vers le fond	12 jours	Les larves pélagiques dérivent avec les courants en surface mais migrent plus en profondeur dans la colonne d'eau au cours du développement.	Espèce benthique qui vit sur des fonds durs (plateau rocheux), du gravier ou des sables coquilliers entre 40 à 200 m principalement dans des eaux salées tempérées.



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>POISSON DÉMERSAL ET BENTHIQUE</b>								
Mullus surmuletus	Mai à juillet	Les œufs sont pélagiques (dans la colonne d'eau).		8 jours	32 jours	40 jours	Absorption du vitellus 4 jours après éclosion puis migration vers la zone côtière à l'automne. Les juvéniles vivent sur les fonds de sable et de sable coquillier en dessous de 10 m de profondeur.	Poisson pélagique vivant sur des fonds de galets, de graviers et de sable sur le plateau continental et sur le talus continental entre 10 et 300 m de profondeur. Trouvé dans des eaux salées dont la température se situe entre 8 et 24 °C.
Platichthys flesus	Février à juin	Œufs pélagiques flottant à la surface de l'eau.	0,82 à 1,13 mm 2 à 3 mm 4,5 mm	7 jours	10 jours avec métamorphose lorsqu'ils atteignent 15 à 20 mm de longueur.	17 jours	Les œufs pélagiques flottent d'abord à la surface de l'eau, puis coulent dans des eaux plus profondes au cours du développement. Les larves pélagiques qui migrent vers le fond atteignent 7 à 10 mm.	Dans des eaux salées ou estuariennes (eaux saumâtres). Les zones de frai semblent nécessiter du sable grossier, des eaux profondes mais protégées des courants de marée et des températures assez chaudes.
Pleuronectes platessa	Décembre à mars	Surface	1,66 à 2,17 mm 5,5 à 7 mm 5,8 mm	30 jours	40 jours	70 jours	Les œufs commencent par flotter en surface avant d'aller plus en profondeur dans la colonne d'eau. Les larves sont pélagiques avant de se métamorphoser.	Les zones de frai semblent se situer dans la partie centrale de la Manche anglaise dans des eaux assez profondes protégées des forts courants marins.
Sardina pilchardus	Septembre à décembre	La zone de frai semble se déplacer vers l'est entre mars et août, puis les sardines reviennent dans la Manche de l'ouest de septembre à novembre.	1,3 à 1,9 mm 3,5 mm 5,5 mm	4 jours	12 jours	16 jours	Les œufs pélagiques flottent entre 10 et 70 m de profondeur.	Poisson pélagique grégaire. Grands bancs qui se trouvent près de la surface la nuit (entre 15 et 40 m de profondeur) et plus en profondeur dans la journée (entre 30 et 50 m de profondeur). Forte abondance dans l'estuaire de la Seine et dans la Baie des Veys.
Scomber scombrus	Juin à juillet	Les œufs flottent près de la surface. Œufs pélagiques.	1,0 à 1,38 mm 3 mm 4 mm	6 jours	20 jours	26 jours	Les divers stades larvaires et juvéniles nagent à des profondeurs entre 0 et 30 m le long de la côte, jusqu'à l'automne lorsqu'ils commencent leur migration vers les zones d'hivernage au large.	Poisson pélagique grégaire trouvé dans des substrats entre 0 et 250 m, mais principalement de la surface jusqu'à 40 m en dessous, trouvé dans des eaux côtières : dans les estuaires, dans le Pas de Calais et dans la partie sud de la mer du Nord.
Solea solea	Février à juin	Œufs pélagiques.	0,95 à 1,58 mm 3 mm 4,3 mm	11 jours	14 jours	25 jours	Œufs et larves pélagiques. Alevins benthiques. Les juvéniles passent les 2 ou 3 premières années dans des zones de ponte côtières (baies et estuaires) où une croissance rapide se produit avant de se déplacer vers des eaux plus profondes.	Reproduction principalement dans les zones côtières du Pas de Calais et dans les grandes baies (baies de Somme, Seine, Solent, Mt St Michel, Start et Lyme). L'activité de frai débute lorsque la température de l'eau est supérieure à 7 °C.

Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>POISSON DÉMERSAL ET BENTHIQUE</b>								
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Avril à septembre	Œufs au fond dans des nids de gravier fin. Dans les eaux côtières entre 20 et 30 m de profondeur.		10 jours	larves pélagiques 2 mois avant de migrer vers les zones de ponte	70 jours	Œufs benthiques, larves pélagiques avant de migrer dans des zones de ponte dans des eaux peu profondes.	Espèce benthopélagique se reproduisant dans des eaux côtières. Fond de graviers. Cette espèce semble tolérer une large gamme de profondeurs mais préfère une faible contrainte de cisaillement du lit et des types de sédiment fins à gravillonneux, ce qui correspond plutôt à des zones côtières.
<i>Sprattus sprattus</i>	Décembre à mars	Œufs et larves pélagiques.	0,8 à 1,3 mm 3,5 mm 4,5 mm	5 jours	20 jours	25 jours	Les larves se trouvent presque partout à l'exception des promontoires près du Pas de Calais et le long de la partie sud de la côte normande.	La plupart des habitats privilégiés sont situés dans la partie centrale du Pas de Calais. Cette espèce ne suit pas le modèle classique de migration vers des zones de ponte côtières car ses larves restent pélagiques au cours de leur développement.
<i>Trachurus trachurus</i>	Mai à septembre	Les œufs ne se développent que si la température est supérieure à 10 °C.	0,81 à 1,04 mm 2,5 mm 3,5 mm	2,5 à 3 jours (2,5 mm de longueur)	15 jours	18 jours	Œufs et larves pélagiques	Poisson pélagique et grégaire. Vit dans des substrats pélagiques ou sablonneux surtout entre la surface et 200 m de profondeur, un habitat très étendu et favorable. Une faible salinité et des sédiments sablonneux dans les zones côtières françaises semblent plutôt correspondre à ces jeunes individus. Reproduction dans l'est de la Manche anglaise.
<i>Trisopterus luscus</i>	Février à juin	Œufs pélagiques.	0,9 à 1,23 mm 3 mm 3,8 mm	12 jours	13 jours avec taille de première métamorphose = 18 mm	25 jours	Après éclosion, les larves migrent au fond. Les juvéniles vivent près de la côte.	Espèce démersale et grégaire, se trouvant surtout sur des substrats sablonneux (juvéniles) ou rocheux ou autour d'épaves (adultes). Pour une profondeur allant de la surface près de la côte jusqu'à 100 à 150 m. Les juvéniles se rassemblent également dans les estuaires.
<i>Trisopterus minutus</i>	Février à mai	Fertilisation externe. Œufs au fond puis larves pélagiques.	0,95 à 1,03 mm 2,5 mm 4,5 mm	10 jours	7 jours avec taille de première métamorphose = 9,5 mm	17 jours	Œufs et larves pélagiques	Jeunes individus se trouvent dans des eaux peu profondes, souvent dans et autour d'épaves, ou dans des fissures ou des trous dans le substrat rocheux. Préférences physiographiques = côte ouverte, fond marin au large.
<i>Zeus faber</i>	Juin à août	Aucun œuf observé dans la Manche anglaise. Œufs démersaux	1,96 à 2,00 mm 4,3 mm 4,3 à 3,76 mm (cause changement du rapport morphologie/forme)	17 jours	8 jours avec taille de première métamorphose = 19 mm	25 jours	Juvéniles observés dans la Manche anglaise.	

Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<b>INVERTEBRATE GROUPS</b>								
<i>Aequipecten opercularis</i>	june - october	spawn as adults i.e. at the bottom		5 days	30 days	35 days	external fertilization. Eggs probably demersal. After hatching, there is a short period of crawling before larvae attached themselves to the substrate and reach metamorphosis.	central part of the Channel. Gravel / shingle, Coarse clean sand, Fine clean sand, Muddy sand, Gravelley sand. Benthic adults. Down to 100m depth. Open coast, Offshore seabed, Strait / sound, Sealoch, Ria / Voe, Estuary, Enclosed coast / Embayment.
<i>Alcyonium digitatum</i>	december - february	spawn at the bottom (as adults).		7 days	10 days	17 days	external fertilization; embryos are neutrally buoyant and float freely. The embryos give rise to actively swimming lecithotrophic planulae which may have an extended pelagic life before they eventually settle (usually within one or two further days) and metamorphose to polyps .	Depth range = Low water (Springs) to 50 m. prefers areas of strong water movement resulting from wave turbulence or currents. Substratum preferences = Large to very large boulders, Small boulders, Bedrock, Artificial (e.g. metal/wood/concrete), Caves, Overhangs, Cobbles. Found in. Open coast and Offshore seabed.
<b>Ascidia</b> <i>Phallusia mammillata</i> <i>Pelonaia corrugata</i> <i>Aplidium</i> <i>Asciacea</i> <i>Styela clava</i> <i>Ciona intestinalis</i> <i>Molgula manhattensis</i> <i>Botryllus</i> <i>Asciella scabra</i> <i>Ascidia mentula</i> <i>Ascidia virainea</i> <i>Asciella</i> <i>Molgulidae</i> <i>Polyclinidae</i> <i>Botryllus schlosseri</i> <i>Asciella aspersa</i> <i>Pyuridae</i> <i>Dendrodoa grossularia</i>	may - october	eggs hatch at temperatures of 16 to 20°C. The eggs are negatively buoyant and sink in still water. They are adhesive and stick to the substratum. The eggs are about 160 microns in diameter, yolky and red or green in colour. Long tapering outer follicle cells radiate from the surface of the eggs. Eggs may be released individually or in mucus strings. The mucus strings tangle with and readily adhere to nearby adults.		among 24h	larvae active for approximately 12h	2 days	larvae are pelagic. they are negatively geotactic and exhibit high barokinesis. They rarely travel more than a few centimetres in sustained swimming activity; their movement is mainly vertical. Some dispersal is possible at the egg stage but most occurs during the short swimming larval stage and is, therefore, limited.	permanent attachment to hard substrates. Substratum preferences = Artificial (e.g. metal/wood/concrete), Bedrock, Large to very large boulders, Small boulders, Cobbles, Algae, Under boulders, Biogenic reef. Found in Open coast, Offshore seabed, Strait / sound, Sealoch, Ria / Voe, Estuary, Enclosed coast / Embayment.
<i>Asterias rubens</i>	february - april	reproductive location = water column		1-2 days	3 months	90 days	female produces small eggs that are released into the sea and fertilized externally to develop as planktotrophic larvae before they settle on seabed for metamorphosis	zones of fine sediments in the central Eastern English Channel and on coarser sediments near to the Dover Strait. Substratum preferences = Gravel / shingle, Coarse clean sand, Bedrock. Found in Open coast, Offshore seabed, Strait / sound, Enclosed coast / Embayment.

Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<i>Astropecten irregularis</i>	may - june	reproductive location = water column		<1 day	30 days	30 days	The fertilization gives a said dipleurula larva, which joins the plankton. After a few weeks, the larva undergoes a metamorphosis. While the great majority of the larvae of Astérides pass by two additional, said embryonic stages bipinnaria then brachiolaria, the stars <i>Astropecten</i> have no brachiolaria phase, what is a primitive character of the group. The larva bipinnaria grave on the bottom and is directly transformed tiny one star-comb, which will not delay burying itself.	substratum preferences : Gravelley sand, Muddy sand, Fine clean sand, Coarse clean sand. Fin in Strait / sound, Offshore seabed, Open coast.
<i>Cancer pagurus</i>	mid-november to january	during all the incubation, the female lies in the sand, partly burried.		7 to 8 months	among 60 days but some studies record 40 days, or even up to 51-78 days including zoea stage IV	300 days	pelagic larvae. Development in function of temperature	simulation in areas shallower than 12m depth. Simulated larvae were allowed to disperse for 21 days in April-May, at a constant depth of 0.5-3m.
<b>Crangon</b> <i>Crangon allmanni</i> <i>Crangon crangon</i>	march - december	eggs are carried by the female. (not floatting with plankton)		2-3 weeks at 20°C to more than 3 months at 6°C	49 days	49 days	only eggs developed between 6 and 21°C are viable. Larvae are pelagic. Larvae hatching at from summer eggs are smaller than those from winter eggs.	live on sandy, muddy areas in bays and estuaries. Abundant in estuary and intertidal marine waters. Lives between 0 and 50m depth. Inabits mainly soft bottom (sand, sandy-mud or muddy substrates) in estuarine and marine shallow area. Reproduction in deeper (10-20m depth) and more saline off shore marine water usually in sandy or muddy area.
<i>Crepidula fornicata</i>	february - september	Eggs are incubated in the female cavity paleal in capsule fixed at the substrate where the female lives.		3 to 4 weeks	30 days	30 days	pelagic larvae	fixed on a hard substrate or directly on other individuals.
<i>Flustra foliacea</i>	august - april.	spawn as adult i.e. at the bottom.		90 days	< 1 day	90 days	internal fertilization.	substratum preferences = Bedrock, Large to very large boulders, Mixed, Small boulders, Cobbles. Found in Open coast, Offshore seabed, Strait / sound, Sealoch, Ria / Voe. All wave exposure.
<i>Homarus gammarus</i>	July -> december	reproduction on the bottom as adults		7 to 10 months	30 days	30 days	5000 to 50000 eggs. At hatching 2/3 of the eggs have survived. Larvae released at night. The female need 2 or 3 weeks to release all of its offsprings.	rocky bottom. In the tidal zone down to 200m depth but rarely over 100m. East of the Isle of Wight and center of the Dover Strait.
<b>Hyas</b> <i>Hyas araneus</i> <i>Hyas coarctatus</i>	august - september	Spawn at the bottom.		75 days	85 days	85 days	hatching at the owest seasonal water temperature (less than 4 °C). A diapause occurs for a period of 16 weeks with seawater temperatures between 11 and 15 °C. The eggs of these species ceased to develop beyond the gastrula stage which was achieved within 2 or 4 days after spawning.	inabits rocky sandy and muddy bottoms from the intertidal region down to 555m depth.



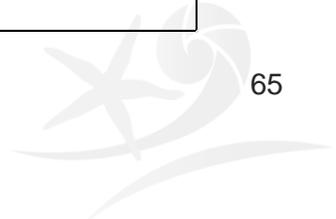
Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<b>Hydrozoa</b>	october - february	fertilized eggs fixe to a rudimentary polyp, the female blastostyle		2 to 20 days	3 days	3 days	pelagic larvae. Reproducing localisation = as adults. External fertilization.	substratum preferences : Bedrock, Large to very large boulders, Small boulders, Cobbles.
<i>Obelia</i>								
<i>Hydractinia echinata</i>								
<i>Diphasia</i>								
<i>Diphasia attenuata</i>								
<i>Sertulariidae</i>								
<i>Hydrallmania falcata</i>								
<i>Abietinaria abietina</i>								
<i>Amphisbetia operculata</i>								
<i>Eudendrium</i>								
<i>Campanulariidae</i>								
<i>Kirchenpaueria pinnata</i>								
<i>Tubularia indivisa</i>								
<i>Tubularia</i>								
<i>Thuaria thuja</i>								
<i>Tamarisca tamarisca</i>								
<i>Sertularia cupressina</i>								
<i>Sertularia</i>								
<i>Aglaophenia</i>								
<i>Halecium halecium</i>								
<i>Lytocarpia myriophyllum</i>								
<i>Nemertesia ramosa</i>								
<i>Nemertesia antennina</i>								
<i>Nemertesia</i>								
<i>Aqloaphenia pluma</i>								
<i>Inachus</i>	january-june					105 days		
<i>Liocarcinus depurator</i>	january - june	females produce 2 broods per year. Eggs develop beneath the abdomen of ovigerous female.		1 month	55 days	55 days	eggs on the female pleopods and then pelagic larvae.	coastal areas on muddy bottom. Distributed at depths around 100m.
<i>Liocarcinus holsatus</i>	April - august	at the bottom		30 days at	55 days	55 days	spawn as adults at the bottom	substratum preferences : Bedrock, Large to very large boulders, Gravel / shingle, Mixed. Found in Open coast, Offshore seabed, Strait / sound, Sealoch, Ria / Voe, Estuary, Enclosed coast / Embayment.
<b>Macropodia</b>	all year	at the bottom		48 days	30 days	30 days	larval development occurred in open sea.	find on mixed substratum between 0 and 170m depth. In the sublittoral zone. muddy bottom on the continental shelf
<i>Macropodia deflexa</i>								
<i>Macropodia linaresi</i>								
<i>Macropodia rostrata</i>								
<i>Macropodia tenuirostris</i>								
<i>Maja brachydactyla</i>	March - june	eggs attached to pleopods develop under the female's abdomen.		2 to 3 months	3 weeks of pelagic life then after metamorphosis begins the benthic life.	21 days	3 consecutive broods between the consecutive cycle. After hatching, eggs are release in the water column.	on rocks among algae. Also on soft bottoms. Found down to about 50m depth. Abundance high along the british coast (Selsey, Sorenam, Dungeness and Folkestone).



Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
Metridium senile	august - september	spawn in the water column		36 hours	30 days	32 days	eggs are fertilized internally or externally and hatch into free swimming planular larvae. fertilization occurs, the resulting zygotes develop into swimming planula larvae that can drift great distances before settling onto a suitable substrate and metamorphosing into juvenile anemones.	substratum preferences = Bedrock, Large to very large boulders, Biogenic reef Artificial (e.g. metal/wood/concrete), Caves, Overhangs. Biological zone = Sublittoral Fringe, Upper Infralittoral, Lower Infralittoral, Upper Circalittoral, Lower Circalittoral.
Necora puber	october - january and May -june	eggs stay on pleopods		50 days	39 days	39 days	eggs fixed on pleopods. pelagic larvae	hard substrate. Rocky and gravelly bottoms. relatively shallow water, ranging from the lower intertidal down to depths of approximately 20m. Spawning area are often located in sandy-muddy bottom off the coastal area. North-south gradient : in the high latitude, spawning appears later.
<b>opisthobranchia</b>	march - june	spawn periodically as long as food is available		13 days	10 days	23 days	pelagic larvae	live on rocky, sandy bottom, in brackish lagoons, soft bottoms and posidonia.
<i>Dendronotus frondosus</i>								
<i>Onchidoris muricata</i>								
<i>Acanthodoris pilosa</i>								
<i>Acteon tornatilis</i>								
<i>Doridoidea</i>								
<i>Tritonia hambergi</i>								
<i>Scaphander lignarius</i>								
<i>Aeolidia papillosa</i>								
<i>Pleurobranchus</i>								
<i>Armina loveni</i>								
<i>Nudibranchia</i>								
<i>Doris pseudoargus</i>								
<i>Onchidoris bilamellata</i>								
<i>Aplysia punctata</i>								
<i>Jorunna tomentosa</i>								
<i>Dorididae</i>								
<i>Geitodoris planata</i>								
<i>Gastropteron rubrum</i>								
<i>Philine aperta</i>								
Ostrea edulis	june - october	female gametes are released in the paleal cavity where there is a fecundation with sperm. Then, eggs are release in the water column.		10 days	14 days	24 days	pelagic larvae before fixing on a hard substrate	eggs stay on the paleal cavity after the fecundation.
Pagurus bernhardus	december - march	crafts broods once or twice a year depending on their shells.		50 days	35 days	35 days	carry eggs on their pleopods between november and may.	
Pagurus prideaux	all year	pelagic larvae. Female keep eggs with her = benthic eggs.		8 weeks	30 days	30 days	gonochoric animals. Eggs, incubated on the female abdomen hatch and then larvae are pelagic.	substrate preferences : Muddy gravel, Coarse clean sand, Fine clean sand, Sandy mud, Mud, Gravelley sand, Muddy gravelly sand, Gravelly mud. Found in Open coast, Offshore seabed, Strait / sound, Sealoch, Estuary, Enclosed coast / Embayment.



Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<i>Pecten maximus</i>	May - september	pelagic life permits the dispersion of scallops in function of currents.		3 to 7 days function of the water temperature	30 days pelagic life before fixing in a substrat.	37 days	eggs and larvae have a pelagic life. This pelagic life is for 3 to 5 weeks.	gravely, muddy-sandy and shelly bottoms. Sub-littoral up to 100m, mainly found between 10 to 50m depth. Bay of Veys off the Pays de Caux up to the central part of the esatern Channel. Spawning area correspond to the areas were adults live.
<i>Psammechinus miliaris</i>	April - september	external fertilisation reproductive location = water column.		30 days	40 days	70 days	Eggs are released into the water and the larvae that hatch out remain in the open sea for a month before settling on the shore.	hard bottom and gravels. From the intertidal zone down to 100m depth. Off the Pays de Caux, in the Dover Strait and in the Bay of Seine. Live in depth ranges extended to littoral zone exposed on boulders shores and low waters.
<b>Sponges</b> <i>Halichondria panicea</i> <i>Haliclona</i> <i>Pachymatisma johnstonia</i> <i>Hymedesmia</i> <i>Haliclona cinerea</i> <i>Axinella dissimilis</i> <i>Haliclona oculata</i> <i>Dysidea fragilis</i> <i>Mycale lingua</i> <i>Pachymatisma</i> <i>Stelligera stuposa</i> <i>Axinella</i> <i>Axinella infundibuliformis</i> <i>Adreus fascicularis</i> <i>Tethya aurantium</i> <i>Halichondria bowerbanki</i> <i>Suberites pagurorum</i> <i>Suberites ficus</i> <i>Polymastia</i> <i>Suberites</i> <i>Polymastia boletiformis</i> <i>Raspailia hispida</i> <i>Polymastia mamillaris</i> <i>Cinobryopsis</i>	april - november	spawn in the water column. internal fertilization.		<2days	3 days	5 days	2 types of reproduction: sexual and asexual. With the sexual reproduction type, eggs hatch and then larvae are released, swim for a short time and fixed to the substrate	substratum preferences : Bedrock, Large to very large boulders. Found in Estuary, Strait / sound, Ria / Voe, Isolated saline water (Lagoon).
Latin valid	spawning season	spawning behaviour (bottom, water column, surface)	Initial length Length at hatch length yolk-salc to feeding larvae	egg stage duration	larval stage duration	Dispersion time	information on egg density or larval behaviour	information on spawner distribution in the CHANNEL, possibly spawner habitat
<i>Urticina domuncula</i> <i>Urticina massicornis</i> <i>Urticina eques</i>	april - june	spawn in water column, eternal fertilization		8 days	30 days	38 days	Development of the eggs will take place either in the surrounding ocean waters, or in the septal chambers of the animal. eggs develop into planula larvae which can be either planctonic larvae. The planula larvae will typically develop in the open ocean, where they grow into juvenile anemones	offshore the coast until 400m. On bedrock, large to very large boulders, small boulders, crevices/fissures



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTEBRÉS</b>								
<i>Aequipecten opercularis</i>	Juin à octobre	Frayent comme les adultes c.-à-d. au fond.		5 jours	30 jours	35 jours	Fertilisation externe. Œufs probablement démersaux. Après éclosion, il y a une courte période de reptation avant que les larves ne se fixent au substrat et atteignent la métamorphose.	Partie centrale de la Manche. Graviers/galets, sable clair grossier, sable clair fin, sable vaseux, sable gravillonneux. Adultes benthiques. Jusqu'à 100 m de profondeur. Côte ouverte, fond marin au large, détroit, bras de mer, ria/calanque, estuaire, côte fermée/échancre.
<i>Alcyonium digitatum</i>	Décembre à février	Se reproduisent au fond (comme les adultes).		7 jours	10 jours	17 jours	Fertilisation externe. Les embryons flottent librement. Les embryons donnent naissance à des planaires lécithotrophiques à nage active qui peuvent avoir une vie pélagique longue avant de se fixer (généralement en un ou deux jours supplémentaires) et de se métamorphoser en polypes.	Plage de profondeur = eaux de faible profondeur (sources) à 50 m. Préfère des zones de fort mouvement d'eau provenant de la turbulence des vagues ou des courants. Préférences de substrat = rochers gros à très gros, petits rochers, substratum rocheux, artificiel (ex. métal, bois, béton), grottes, surplombs, pavés. Trouvé sur les côtes ouvertes et les fonds marins au large.
<b>Ascidia</b> <i>Phallusia mammillata</i> <i>Pelonaia corrugata</i> <i>Aplidium</i> <i>Asciidae</i> <i>Styela clava</i> <i>Ciona intestinalis</i> <i>Molgula manhattensis</i> <i>Botryllus</i> <i>Asciella scabra</i> <i>Ascidia mentula</i> <i>Ascidia virginea</i> <i>Asciella</i> <i>Molgulidae</i> <i>Polyclinidae</i> <i>Botryllus schlosseri</i> <i>Asciella aspersa</i> <i>Pyuridae</i> <i>Dendrodoa grossularia</i>	Mai à octobre	Les œufs éclosent à des températures de 16 à 20 °C. Les œufs ne flottent pas et coulent en eau stagnante. Ils sont adhésifs et collent au substrat. Les œufs font environ 160 microns de diamètre, ont un jaune et sont de couleur rouge ou verte. Des cellules folliculaires externes effilées s'étendent autour de la surface de l'œuf. Les œufs peuvent être libérés individuellement ou en chaînes de mucus. Les chaînes de mucus s'entourent autour et s'accrochent aux adultes aux alentours.		environ 24 h	larve active pour environ 12 h	2 jours	Les larves sont pélagiques. Elles sont géotactiques négativement et démontrent une forte barokinésie. Elles se déplacent rarement plus de quelques centimètres en activité de nage continue. Leur mouvement est principalement vertical. Une certaine dispersion est possible au stade de l'œuf mais une grande partie a lieu au cours du court stade larvaire natatoire et est donc limitée.	Fixation permanente sur des substrats durs. Préférences de substrat = artificiel (ex. métal, bois, béton), substratum rocheux, rochers gros à très gros, petits rochers, pavés, algues, sous les rochers, récif biogénique. Trouvé sur les côtes ouvertes, fond marin au large, détroit, bras de mer, ria/calanque, estuaire, côte fermée/échancre.



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
<i>Asteria rubens</i>	Février à avril	Emplacement de reproduction = colonne d'eau.		1 à 2 jours	3 mois	90 jours	Les femelles produisent de petits œufs qui sont libérés dans la mer et fertilisés en externe pour un développement en larve planctotrope avant de se fixer sur le fond marin pour la métamorphose.	Zones de sédiments fins dans la partie centrale de la Manche anglaise de l'est et sur des sédiments plus grossiers près du Pas de Calais. Préférences de substrat = gravier/galets, sable clair grossier, substratum rocheux. Trouvé sur les côtes ouvertes, fonds marins au large, détroit, côte fermée/échancrure.
<i>Astropecten irregularis</i>	Mai à juin	Lieu de reproduction = colonne d'eau		<1 jours	30 jours	30 jours	La fertilisation donne une larve dipleurula, qui rejoint le plancton. Après quelques semaines, la larve subit une métamorphose. Bien que la grande majorité des larves des Astérides passent par deux stades embryonnaires supplémentaires, bipinnaria puis brachiolaria, les étoiles <i>Astropecten</i> n'ont pas de phase brachiolaria, ce qui est un caractère primitif du groupe. La larve bipinnaria s'enterre au fond et se transforme directement en une petite étoile de mer, qui s'enterre immédiatement.	Préférences de substrat : sable gravillonneux, sable vaseux, sable clair fin, sable clair grossier. Trouvé dans détroit, fond marin au large, côte ouverte.
<i>Cancer pagurus</i>	Mi-novembre à janvier	Pendant toute l'incubation, la femelle s'allonge dans le sable, partiellement cachée.		7 à 8 mois	environ 60 jours mais certaines études enregistrent 40 jours ou même jusqu'à 51 à 78 jours en incluant le stade zoea IV	300 jours	Larve pélagique. Développement en fonction de la température.	Simulation dans des zones de profondeur inférieure à 12 m. Les larves simulées pouvaient se disperser pendant 21 jours en avril et mai, à une profondeur constante de 0,5 à 3 m.
<b>Crangon</b> <i>Crangon allmanni</i> <i>Crangon crangon</i>	Mars à décembre	Les œufs sont transportés par la femelle (et ne flottent pas avec le plancton).		2 à 3 semaines à 20 °C à plus de 3 mois à 6 °C	49 jours	49 jours	Seuls les œufs développés entre 6 et 21 °C sont viables. Les larves sont pélagiques. Les larves qui proviennent d'œufs pondus en été sont plus petites que les larves qui proviennent d'œufs pondus en hiver.	Vit dans des zones sableuses, vaseuses dans les baies et les estuaires. Abondant dans les estuaires et dans les eaux salées intertidales. Vit entre 0 et 50 m de profondeur. Vit principalement sur des fonds mous (sable, vase sableuse ou substrats vaseux) dans des zones peu profondes des estuaires ou en mer. Reproduction dans des eaux salées au large plus profondes (10 à 20 m de profondeur) et plus salines généralement dans des zones sableuses ou vaseuses.

Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
<i>Crepidula fornicata</i>	Février à septembre	Les œufs sont incubés dans la cavité paléale de la femelle dans des capsules fixées au substrat sur lequel réside la femelle.		3 à 4 semaines	30 jours	30 jours	Larve pélagique.	Fixé sur un substrat dur ou directement sur d'autres individus.
<i>Flustra foliacea</i>	Aout à avril	Se reproduisent comme les adultes c.-à-d. au fond.		90 jours	<1 jour	90 jours	Fertilisation interne.	Préférences de substrat = substratum rocheux, rochers gros à très gros, mixte, petits rochers, galets. Trouvé sur côtes ouvertes, fond marin au large, détroit, bras de mer, ria/calanque. Exposé à toutes les vagues.
<i>Homarus gammarus</i>	Juillet à décembre	Reproduction au fond comme les adultes.		7 à 10 mois	30 jours	30 jours	5 000 à 50 000 œufs. 2/3 des œufs survivent jusqu'à l'éclosion. Larves libérées la nuit. La femelle a besoin de 2 ou 3 semaines pour libérer tous ses œufs.	Fond rocheux. Dans la zone tidale jusqu'à 200 m de profondeur mais rarement au-delà de 100 m. Est de l'île de Wight et partie centrale du Pas de Calais.
<b>Hyas</b> <i>Hyas araneus</i> <i>Hyas coarctatus</i>	Aout à septembre	Frai au fond.		75 jours	85 jours	85 jours	Éclosion à la température saisonnière de l'eau la plus faible (moins de 4 °C). Une diapause a lieu pendant 16 semaines avec des températures d'eau de mer entre 11 et 15 °C. Les œufs de ces espèces cessent de se développer après le stade gastrula qu'ils atteignent dans les 3 ou 4 jours après la ponte.	Vit sur des fonds rocheux sableux et vaseux de la zone intertidale jusqu'à 555 m de profondeur.

Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
<b>Hydrozoa</b> <i>Obelia</i> <i>Hydractinia echinata</i> <i>Diphasia</i> <i>Diphasia attenuata</i> <i>Sertulariidae</i> <i>Hydrallmania falcata</i> <i>Abietinaria abietina</i> <i>Amphisbetia operculata</i> <i>Eudendrium</i> <i>Campanulariidae</i> <i>Kirchenpaueria pinnata</i> <i>Tubularia indivisa</i> <i>Tubularia</i> <i>Thuiaria thuja</i> <i>Tamarisca tamarisca</i> <i>Sertularia cupressina</i> <i>Sertularia</i> <i>Aglaophenia</i> <i>Halecium halecium</i> <i>Lytocarpia myriophyllum</i> <i>Nemertesia ramosa</i> <i>Nemertesia antennina</i> <i>Nemertesia</i> <i>Aglaophenia pluma</i>	Octobre à février	Les œufs fertilisés se fixent à un polype rudimentaire, le blastostyle femelle.		2 à 20 jours	3 jours	3 jours	Larves pélagiques. Lieu de reproduction = celui des adultes. Fertilisation externe.	Préférences de substrat : substratum rocheux, rochers gros à très gros, petits rochers, galets.
Inachus	Janvier à juin					105 jours		
<i>Liocarcinus depurator</i>	Janvier à juin	La femelle produit 2 progénitures par an. Les œufs se développent sous l'abdomen de la femelle ovigère.		1 mois	55 jours	55 jours	Œufs sur les pléopodes femelle puis larves pélagiques.	Zones côtières sur un fond vaseux. Répartition sur des profondeurs autour de 100 m.
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Avril à août	Au fond.		30 jours à	55 jours	55 jours	Pondent comme les adultes sur le fond.	Préférences de substrat : substratum rocheux, rochers gros à très gros, gravier/galets, mixte. Trouvé sur côtes ouvertes, fonds marins au large, détroit, bras de mer, ria/calanque, estuaire, côte fermée/échancrure.
<b>Macropodia</b> <i>Macropodia deflexa</i> <i>Macropodia linaresi</i> <i>Macropodia rostrata</i> <i>Macropodia tenuirostris</i>	Toute l'année	Au fond.		48 jours	30 jours	30 jours	Développement larvaire se produit en haute mer.	Trouvé sur un substrat mixte entre 0 et 170 m de profondeur. Dans la zone sublittorale. Fond vaseux sur le plateau continental.



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
Maja brachydactyla	Mars à juin	Les œufs se fixent sur des pléopodes qui se développent sous l'abdomen de la femelle.		2 à 3 mois	3 semaines de vie pélagique puis début de la vie benthique après métamorphose	21 jours	3 progénitures consécutives entre des cycles consécutifs. Après éclosion, les œufs sont libérés dans la colonne d'eau.	Sur des rochers parmi les algues. Également sur des fonds mous. Trouvé jusqu'à environ 50 m de profondeur. Abondance élevée le long de la côte britannique (Selsey, Soreham, Dungeness et Folkestone).
Metridium senile	Aout à septembre	Frai dans la colonne d'eau.		36 heures	30 jours	32 jours	Les œufs sont fertilisés intérieurement ou extérieurement et éclosent pour donner des larves planulaires nageant librement. La fertilisation a lieu, et les zygotes produits se développent en des larves planulaires nageuses qui peuvent dériver sur de longues distances avant de se fixer sur un substrat adéquat et de se métamorphoser en anémones juvéniles.	Préférences de substrat : substratum rocheux, rochers gros à très gros, récif biogénique, artificiel (ex. métal, bois, béton), grottes, surplombs. Zone biologique = frange sublittorale, infralittorale supérieure, infralittorale inférieure, circalittorale supérieure, circalittorale inférieure.
Necora puber	Octobre à janvier et Mai à juin	Les œufs restent sur les pléopodes		50 jours	39 jours	39 jours	Œufs fixés sur des pléopodes. Larves pélagiques.	Substrat dur. Fonds rocheux et de gravier. Eaux assez peu profondes, allant de la zone intertidale inférieure jusqu'à environ 20 m de profondeur. Les zones de frai se situent souvent dans des fonds sableux-vaseux au large des côtes. Gradient nord-sud : sous des hautes latitudes, l'activité de frai a lieu plus tard.

Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
<b>Opisthobranchia</b> <i>Dendronotus frondosus</i> <i>Onchidoris muricata</i> <i>Acanthodoris pilosa</i> <i>Acteon tornatilis</i> <i>Doridoidea</i> <i>Tritonia hombergi</i> <i>Scaphander lignarius</i> <i>Aeolidia papillosa</i> <i>Pleurobranchus</i> <i>Amina loveni</i> <i>Nudibranchia</i> <i>Doris pseudoargus</i> <i>Onchidoris bilamellata</i> <i>Aplysia punctata</i> <i>Jorunna tomentosa</i> <i>Dorididae</i> <i>Geitodoris planata</i> <i>Gastropteron rubrum</i> <i>Philine aperta</i>	Mars à juin	Ponte périodique tant que de la nourriture est disponible.		13 jours	10 jours	23 jours	Larves pélagiques.	Vit sur des fonds rocheux, sableux, dans des lagons d'eau saumâtre, des fonds mous et des posidonies.
<i>Ostrea edulis</i>	Juin à octobre	Les gamètes femelles sont libérés dans la cavité paléale lors d'une fécondation avec sperme. Puis, les œufs sont libérés dans la colonne d'eau.		10 jours	14 jours	24 jours	Larve pélagique avant de se fixer sur un substrat dur.	Les œufs restent dans la cavité paléale après la fécondation.
<i>Pagurus berhardus</i>	Décembre à mars	Les crabes se reproduisent une ou deux fois par an selon leur coquille.		50 jours	35 jours	35 jours	Transporte des œufs sur leurs pléopodes entre novembre et mai.	
<i>Pagurus prideaux</i>	Toute l'année	Larve pélagique. La femelle garde les œufs avec elle = œufs benthiques.		8 semaines	30 jours	30 jours	Animaux gonochoriques. Les œufs incubés sur l'abdomen de la femelle éclosent puis les larves sont pélagiques.	Préférences de substrat : gravier vaseux, sable clair grossier, sable clair fin, vase sableuse, vase, sable à gravier, sable à gravier vaseux, vase à gravier. Trouvés sur côte ouverte, fond marin au large, détroit, bras de mer, estuaire, côte fermée/échancrure.
<i>Pecten maximus</i>	Mai à septembre	Vie pélagique permettant la dispersion des coquilles St Jacques en fonction des courants.		3 à 7 jours en fonction de la température de l'eau	30 jours de vie pélagique avant de se fixer sur un substrat	37 jours	Les œufs et les larves ont une vie pélagique. Cette vie pélagique dure de 3 à 5 semaines.	Fonds de graviers, vaseux-sableux et coquilliers. Sublittoral jusqu'à 100 m, surtout entre 10 et 50 m de profondeur. Baie des Veys au large du pays de Caux jusqu'à la partie centrale de la Manche de l'est. Les zones de frai correspondent aux zones où vivent les adultes.



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
<i>Psammechinus miliaris</i>	Avril à septembre	Fertilisation externe Lieu de reproduction = colonne d'eau		30 jours	40 jours	70 jours	Les œufs sont libérés dans l'eau et les larves qui éclosent restent en haute mer pendant un mois avant de se fixer sur la côte.	Fonds durs et gravier. De la zone intertidale jusqu'à 100 m de profondeur. Au large du Pays de Caux, dans le Pas de Calais et dans la Baie de Seine. Vit sur de grandes plages de profondeurs allant jusqu'à des zones littorales exposées sur des côtes rocheuses et des eaux de faible profondeur.
<b>Sponges</b> <i>Halichondria panicea</i> <i>Haliclona</i> <i>Pachymatisma johnstonia</i> <i>Hymedesmia</i> <i>Haliclona cinerea</i> <i>Axinella dissimilis</i> <i>Haliclona oculata</i> <i>Dysidea fragilis</i> <i>Mycale linqua</i> <i>Pachymatisma</i> <i>Stelligera stuposa</i> <i>Axinella</i> <i>Axinella infundibuliformis</i> <i>Adreus fascicularis</i> <i>Tethya aurantium</i> <i>Halichondria bowerbanki</i> <i>Suberites pagurorum</i> <i>Suberites ficus</i> <i>Polymastia</i> <i>Suberites</i> <i>Polymastia boletiformis</i> <i>Raspailia hispida</i> <i>Polymastia mamillaris</i> <i>Ciocalyta penicillus</i> <i>Raspailia</i> <i>Raspailia aculeata</i> <i>Raspailia pumila</i> <i>Raspailia ramosa</i> <i>Suberites domuncula</i> <i>Stelligera</i>	Avril à novembre	Frai dans la colonne d'eau. Fertilisation interne.		< 2 jours	3 jours	5 jours	2 types de reproduction : sexuée et asexuée. Avec la reproduction sexuée, les œufs éclosent, puis les larves sont libérées, nagent pendant une courte période et se fixent au substrat.	Préférences de substrat : substratum rocheux, rochers gros à très gros. Trouvé sur estuaire, détroit, ria/calanque, eaux salées isolées (lagon).



Nom latin	Saison de frai	Comportement de frai (fond, colonne d'eau, surface)	Longueur initiale Longueur à l'éclosion Longueur de sac vitellin à larve en phase d'alimentation	Durée du stade d'œuf	Durée du stade larvaire	Durée de dispersion	Informations sur la densité des œufs ou le comportement larvaire	Informations sur la répartition des reproducteurs dans la MANCHE, voire sur l'habitat des reproducteurs
<b>GROUPES DES INVERTÉBRÉS</b>								
<b>Urticina</b> <i>Urticina crassicornis</i> <i>Urticina eques</i>	Avril à juin	Frai dans la colonne d'eau, fertilisation en continu.		8 jours	30 jours	38 jours	Le développement des œufs se produit soit dans les eaux océaniques environnantes, soit dans les cavités segmentées de l'animal. Les œufs deviennent des larves planula qui peuvent également être des larves planctoniques. Les larves planula se développent généralement en plein océan, où elles se transforment en anémones juvéniles.	Au large des côtes jusqu'à 400 m. Sur du substratum rocheux, des rochers gros à très gros, des petits rochers, dans des crevasses/fissures.





# PANACHE

Protected Area Network Across  
the Channel Ecosystem

PANACHE is a project in collaboration between France and Britain. It aims at a **better protection** of the Channel marine environment through the **networking** of existing marine protected areas.

The project's five objectives:

- **Assess** the existing marine protected areas network for its ecological coherence.
- **Mutualise** knowledge on monitoring techniques, share positive experiences.
- **Build** greater coherence and foster dialogue for a better management of marine protected areas.
- **Increase** general awareness of marine protected areas: build common ownership and stewardship, through engagement in joint citizen science programmes.
- **Develop** a public GIS database.

France and Great Britain are facing similar challenges to protect the marine biodiversity in their shared marine territory: PANACHE aims at providing a **common, coherent and efficient reaction**.

PANACHE est un projet franco-britannique, visant à une **meilleure protection** de l'environnement marin de la Manche par la **mise en réseau** des aires marines protégées existantes.

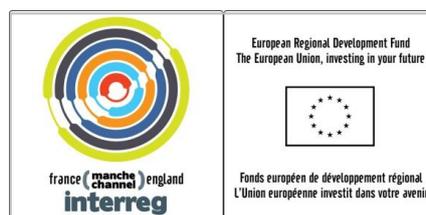
Les cinq objectifs du projet :

- **Étudier** la cohérence écologique du réseau des aires marines protégées.
- **Mutualiser** les acquis en matière de suivi de ces espaces, partager les expériences positives.
- **Consolider** la cohérence et encourager la concertation pour une meilleure gestion des aires marines protégées.
- **Accroître** la sensibilisation générale aux aires marines protégées : instaurer un sentiment d'appartenance et des attentes communes en développant des programmes de sciences participatives.
- **Instaurer** une base de données SIG publique.

France et Royaume-Uni sont confrontés à des défis analogues pour protéger la biodiversité marine de l'espace marin qu'ils partagent : PANACHE vise à apporter une **réponse commune, cohérente et efficace**.

- [www.panache.eu.com](http://www.panache.eu.com) -

Financed by / financé par



PANACHE Project partners / Partenaires du projet PANACHE

