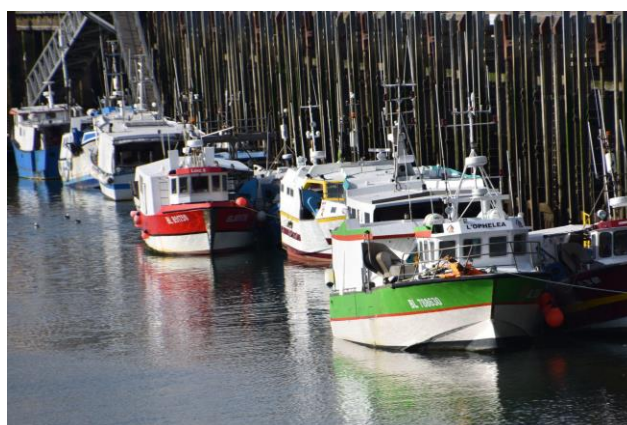
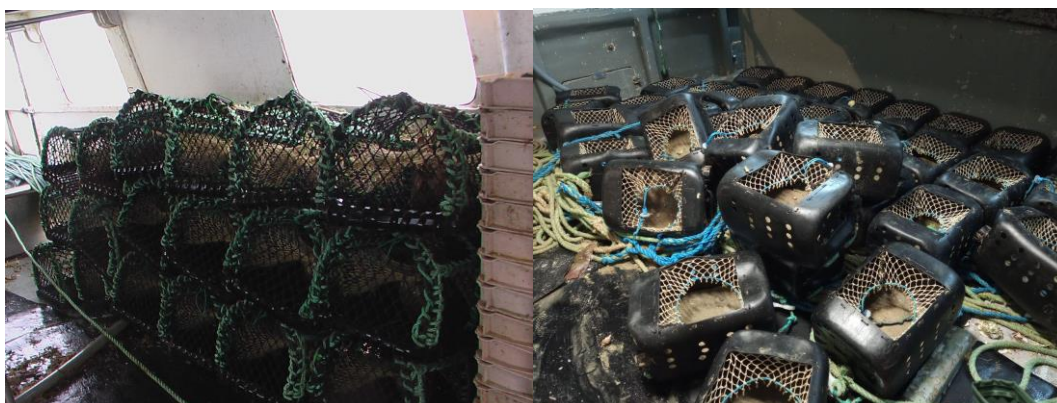




MECANOR² : Amélioration de la gestion des métiers du casier en Normandie et dans le Nord de la France



Liste des intervenants

CRPMEM Hauts-de-France	Anaïs ROUSSEL Antony VIERA
CRPMEM Normandie	Lucile AUMONT Cécile BEAUDEAN Marc DELAHAYE Xavier TETARD
IFREMER	Morgane AMELOT Alia DECLOS Eric FOUCHER Victor MARTIN-BAILLET Jade MOGEON Timothée NIVET Sophie PARRAD Fanchon VARENNE Joël VIGNEAU
SMEL	Laurence HEGRON-MACE Solveig LARSONNEUR Vincent LEFEBVRE Stéphanie PETINAY
Université de Caen	Enola BREBANT Karine GRANGERE Clothilde HEUDE-BERTHELIN Kristell KELLNER

Table des matières

Contexte	1
Le projet MECANOR ²	7
Chapitre 1 : La pêche de bulots en Manche Est Mer du Nord	9
Introduction	9
Biologie du bulot	9
Exploitation du bulot	12
Objectifs du projet MECANOR ²	20
Matériel et Méthodes	21
La pêche de bulots : données sur l'exploitation	21
Captures	22
Effort	22
CPUE	24
Modèles de production	24
CMSY	25
SPiCT	25
JABBA	26
Éléments sur la biologie des bulots en Manche Est Mer du Nord : biométrie, maturité sexuelle, et régime alimentaire	26
Protocole de collecte des échantillons	27
Données biométriques	28
Détermination des stades de maturité sexuelle : analyse histologique de la gonade	28
Ecologie trophique	31
Résultats	33

Projet MECANOR²

La pêche des bulots : données sur l'exploitation	34
Captures	34
Effort	38
CPUE	38
Modèles de production	40
Éléments sur la biologie des bulots en Manche Est Mer du Nord : biométrie, maturité sexuelle, et régime alimentaire	44
Biométrie	44
Structure de taille et taille moyenne des captures	44
Ratio longueur-largeur	45
Détermination des stades de maturité sexuelle : analyse histologique de la gonade	46
Ecologie trophique	46
Discussion	51
Perspectives	55
Chapitre 2 : La pêche des gros crustacés en Manche Est Mer du Nord	57
Introduction	57
Biologie des gros crustacés	57
Homard	57
Tourteau	60
Araignée de mer	62
Exploitation des gros crustacés en France et en Manche Est Mer du Nord	65
Objectifs du projet MECANOR ²	72
Matériel et Méthodes	73
La pêche des gros crustacés : données sur l'exploitation	73

Projet MECANOR²

Captures	74
Effort	75
CPUE	76
Modèles de production	77
CMSY	77
SPicT	78
JABBA	78
Modèles structurés en taille	79
Protocole de collecte des données	79
Modèle LBSPR	79
Résultats	81
Homard	83
Captures	83
Effort	86
CPUE	87
Modèles de production	87
Modèles structurés en taille	89
Tourteau	90
Captures	90
Effort	94
CPUE	94
Modèles de production	95
Modèles structurés en taille	97
Araignée	99

Projet MECANOR²

Captures	99
Effort	102
CPUE	103
Structure de taille des captures	104
Modèles de production	104
Discussion	106
Homard et tourteau	106
Araignée	108
Perspectives	110
Références	112
Annexes	138

Résumé/Summary

À la suite des baisses de rendements en sole *Solea solea* de la pêche au filet trémail, ciblant principalement la sole, les fileyeurs des Hauts-de-France se sont diversifiés voire reconvertis aux métiers du casier. Sur l'ensemble de la façade Manche Est Mer du Nord (de Cherbourg à Dunkerque), la pratique des métiers du casier à crustacés et à bulot est fortement répandue. Les espèces pêchées par ces techniques (bulot, homard, tourteau et araignée) ne bénéficient pas d'évaluation scientifique sur cette zone. Aussi, il n'est pas garanti que la réglementation en place permette une exploitation durable de ces ressources.

Dans ce contexte, le projet MECANOR² a été mis en place dans l'objectif de fournir un premier diagnostic de l'état de ces ressources, afin de vérifier si la réglementation en place permet d'assurer la durabilité de ces pêcheries. Ce premier diagnostic consiste en l'utilisation de méthodologies DLS (Data Limited Stocks), modèles de production et modèles structurés en taille (pour les crustacés) afin de fournir des indicateurs d'état de la ressource par rapport au RMD. Le diagnostic de la ressource en bulot a été complété par une étude du cycle de gamétogénèse permettant de déterminer la taille à maturité des bulots sur les différentes zones identifiées, ainsi qu'une étude de leur régime alimentaire.

*Following the drop in sole *Solea solea* net fishing yields, gillnetters in Hauts-de-France have diversified and even converted to pot fishing. On the entire Eastern Channel and North Sea coast (from Cherbourg to Dunkirk), the fishing of crustacean and whelk is widespread. The species caught by these techniques (whelks, lobster, brown crab and spider crab) do not benefit from scientific assessment in this area. Also, it is not guaranteed that the regulations in place allow for the sustainable exploitation of these resources.*

In this context, the MECANOR² project was set up with the aim of providing an initial diagnosis of the state of these resources, to verify whether the regulations in place ensure the sustainability of these fisheries. This first diagnosis consists of the use of DLS (Data Limited Stocks) methodologies, production models and size-structured models (for crustaceans) to provide indicators of the state of the resource in relation to the MSY. The diagnosis of the whelk resource was supplemented by a study of the gametogenesis cycle to determine the size at maturity of whelks in the different areas identified, as well as a study of their trophic ecology.

Sole (sole), crustacés (crustaceans), bulots (whelks), évaluation de stock (stock assessment), gamétogénèse (gametogenesis), écologie trophique (trophic ecology)

Liste des figures

Figure A - Façades maritimes de France

Figure B - Recrutement estimé de sole en zone VIId

Figure C - Évolution des Avis CIEM (sur les débarquements puis les captures à partir de 2016), TAC (débarquements puis captures) et débarquements de sole de Manche Est (en tonnes)

Figure D - Calendrier prévisionnel des différentes actions du projet MECANOR²

Figure 1.1 - Morphologie des buccins décoquillés mâle (à droite) et femelle (à gauche) sexuellement matures. L'étoile signale le pénis chez le mâle, et le triangle signale la glande coquillière de la femelle. L'emplacement de la gonade est signalé par les flèches. (@Anaïs Roussel).

Figure 1.2 – Aire de répartition du bulot

Figure 1.3 - Carte des 3 zones retenues pour l'analyse des données de capture et l'évaluation des stocks de bulot en Manche Est - Mer du Nord (zone bleue : Baie de Seine, zone verte : Seine Maritime, zone rouge : Hauts-de-France ; ligne marron : limite 12 miles nautiques ; ligne grise : limite 6 miles nautiques)

Figure 1.4 - Photographie des 2 types de casier utilisés sur la façade Manche Est - Mer du Nord pour l'exploitation du bulot ; (gauche) casier type cloche, (droite) casier artisanal fabriqué à partir de bidons (crédits photo : Laurence Hegron-Macé, SMEL)

Figure 1.5 - Carte des 4 zones retenues pour l'étude des paramètres biométriques et biologiques du bulot en Manche Est - Mer du Nord (zone bleue : Baie de Seine, zone verte : Seine Maritime, zone rouge : Hauts-de-France - Boulogne, zone violette : Hauts-de-France - Calais)

Figure 1.6 - Axe de coupe (trait noir) de la masse viscérale des bulots mâles et femelles (crédit photo : @Anaïs Roussel)

Figure 1.7 - Stades de gamétogenèse chez les bulots femelles avec : A = Stade 0 ; B = stade 1 ; C = Stade 2 ; D = Stade 3 ; TG = Tubule gonadique ; CG = Cellule germinale ; Oc = Ovocyte ; Og = Ovogonie ; Ocm = Ovocyte mature ; Gvt = Grains de vitellus

Figure 1.8 - Stades de gamétogenèse chez les bulots mâles avec : A = Stade 0 ; B = stade 1 ; C = Stade 2 ; D = Stade 3 ; TG = Tubule gonadique ; Spg = Spermatogonie ; Spgd = Spermatogonie en division ; Spc = Spermatocyte ; Spt = Spermatide ; Spz = Spermatozoïdes

Figure 1.9 - Captures de bulot réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) en Manche entre 2000 et 2022 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 1.10 - Captures de bulot réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) en Manche Est - Mer du Nord entre 2000 et 2022 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 1.11 - Variation des captures de bulot en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert) et Hauts de France (rouge), données SACROIS

Figure 1.12 - Captures mensuelles de bulot en tonnes en Baie de Seine entre 2000 et 2021

Figure 1.13 - Captures mensuelles de bulot en tonnes en Seine Maritime entre 2000 et 2021

Figure 1.14 - Captures mensuelles de bulot en tonnes dans les Hauts-de-France entre 2000 et 2021

Figure 1.15 - Variation de l'effort de la flottille bulot en nombre de jours de mer de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert) et Hauts de France (rouge), données corrigées via l'approche glm

Figure 1.16 - CPUE en tonnes par jour de mer calculées sur la base du croisement des données de capture SACROIS corrigées et des données d'effort estimées sur la base des calendriers d'activité et corrigées par approche glm, en tonnes par jour de pêche, pour la Baie de Seine (bleu), la Seine Maritime (vert) et les Hauts-de-France (rouge).

Figure 1.17 - Résultats de la sélection de modèle de production. La biomasse relative par zone à gauche ($B/BMSY$, biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite ($F/FMSY$, mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Figure 1.18 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Baie de Seine entre 2000 et 2020

Figure 1.19 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Seine Maritime entre 2000 et 2020

Figure 1.20 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Hauts-de-France entre 2000 et 2020

Figure 1.21 - Structure de taille, en nombre d'individus en fonction de classes de taille de pas de 2 mm, des captures de bulot issues des casiers échantillonnés dans le cadre de MECANOR² entre juin 2021 et mars 2022 pour les 4 zones considérées, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France VIId (rouge), Hauts-de-France IVc (violet).

Figure 1.22 - Structure de taille des captures de bulot issues de la totalité des échantillons collectés dans le cadre de MECANOR² entre décembre 2020 et mars 2022 (voir Annexe 7 pour les dates et saisons des différents prélèvements)

Figure 1.23 - Régression linéaire de la largeur des bulots (cm) en fonction de la hauteur (cm) pour les zones de Baie de Seine, Seine Maritime, Hauts-de-France VIId et IVc (données MECANOR²), et de Manche OUEST (données SMEL 2008-2015). La ligne horizontale a une coordonnée de 22 mm, Les lignes verticales ont des coordonnées de 45 et 50 mm de hauteur (respectivement ligne en trait successifs et en pointillés)

Figure 1.24 - Répartition des stades de gamétogenèse de *Buccinum undatum* pour les classes de longueur de coquille, d'octobre 2020 à janvier 2022 dans les 4 sites (1 : Baie de Seine ; 2 : Seine Maritime ; 3 : Hauts de France Boulogne ; 4 : Hauts de France-Calais). Les stades sont déterminés sur la base de l'analyse histologique, sans distinction de sexe.

Figure 1.25 - Estimation des longueurs associées à 50% de maturité sexuelle en décembre 2020 (54 mm) pour le site 1 (Baie de Seine) (a), en octobre 2021 (57 mm) pour le site 2 (Seine Maritime) (b).

Figure 1.26 - Profil de maturité des mâles et des femelles par classe de taille pour les sites 1 (Baie de Seine) et 2 (Seine Maritime) en période de maturité sexuelle.

Figure 1.27- Signatures isotopiques du carbone (Delta 13C) et de l'azote (Delta 15N) pour les 3 sites analysés : Baie de Seine, Seine Maritime et Hauts de France

Figure 2.1 – Aire de répartition du homard européen

Figure 2.2 – Photographie d'un tourteau

Figure 2.3 – Aire de répartition du tourteau

Figure 2.4 – Photographie d'une araignée de mer

Figure 2.5 - Carte des 2 zones retenues pour l'analyse des données de capture et l'évaluation des stocks de homard et de tourteaux en Manche Est - Mer du Nord (zone orange : Nord Cotentin, rectangle statistique CIEM 28E8; zone violette : Hauts-de-France, rectangle statistique CIEM 30F1)

Figure 2.6 - Carte des 3 zones retenues pour l'analyse des données de capture et l'évaluation des stocks d'araignée en Manche Est - Mer du Nord (zone bleue : Baie de Seine, zone verte : Seine Maritime, zone rouge : Hauts-de-France)

Figure 2.7 - Captures de homard réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 2.8 - Captures de homard réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 2.9 - Variation des captures de homard en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune), et Hauts de France (violet), données SACROIS

Figure 2.10 - Variations mensuelles des captures de homard en tonnes sur la zone Nord Cotentin entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Figure 2.11 - Variations mensuelles des captures de homard en tonnes sur la zone Hauts-de-France entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Figure 2.12 - Variation de l'effort de la flottille homard en nombre de jour de mer de 2000 à 2021 pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts de France (violet), corrigées via l'approche glm

Figure 2.13 - Variation des CPUE de homard en kilogrammes par jours de mer, pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts-de-France (violet).

Figure 2.14 - Résultats de la sélection de modèle de production des populations de homard des deux zones d'intérêt, 1 : Nord Cotentin et 2 : Hauts-de-France. La biomasse relative par zone à gauche (B/B_{MSY} , biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/F_{MSY} , mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Figure 2.15 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du homard dans les deux zones considérées, Nord Cotentin à gauche et Hauts-de-France à droite entre 2000 et 2020

Figure 2.16 - Structure en taille (nombre d'individus en fonction de la longueur céphalothoracique en mm) des homards sur la base des données MECANOR² sur la zone Nord Cotentin ; en rouge la partie non retenue, en bleu la partie des captures retenue (n = 644)

Figure 2.17 - Sortie du modèle LBSPR issue des fréquences en taille de homard en Nord Cotentin sur la période considérée

Figure 2.18 - Captures de tourteau réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 2.19 - Captures de tourteau réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 2.20 - Variation des captures de tourteau en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts de France (violet), données SACROIS

Figure 2.21 - Variations mensuelles des captures de tourteau en tonnes sur la zone Nord Cotentin entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Figure 2.22 - Variations mensuelles des captures de tourteau en tonnes sur la zone Hauts-de-France entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Figure 2.23 - Variation de l'effort de la flottille tourteau en nombre de jour de mer de 2000 à 2021 pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts de France (violet), corrigées via l'approche glm

Figure 2.24 - Variation des CPUE de tourteau en kilogrammes par jours de mer, pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts-de-France (violet)

Figure 2.25 - Résultats de la sélection de modèle de production des populations de tourteau des deux zones d'intérêt, 1 : Nord Cotentin et 2 : Hauts-de-France. La biomasse relative par zone à gauche (B/BMSY, biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/FMSY, mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Figure 2.26 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du tourteau dans les deux zones considérées, Nord Cotentin à gauche et Hauts-de-France à droite entre 2000 et 2020

Figure 2.27 - Structure en taille (nombre d'individus en fonction de la longueur céphalothoracique en mm) des tourteaux sur la base des données MECANOR² sur la zone Nord Cotentin ; en rouge la partie non retenue, en bleu la partie des captures retenue (n = 709)

Figure 2.28 - Sorties du modèle LBSPR sur la base des fréquences en taille de tourteau en Cotentin au mois de mai et juin 2022.

Figure 2.29 - Captures d'araignées réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figure 2.30 - Captures d'araignées réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Figures 2.31, 2.32 et 2.33 - Variations mensuelles des captures d'araignées en tonnes sur la zone Baie de Seine en bleu, Seine Maritime en vert et Hauts-de-France en rouge entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Figure 2.34 - Captures totales corrigées par zone de 2000 à 2021, SACROIS pour la Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France (rouge), données corrigées via l'approche glm

Figure 2.35 - Variation de l'effort de la flottille araignée en nombre de jour de mer de 2000 à 2020 pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France (rouge), données corrigées via l'approche glm

Figure 2.36 - Variation des CPUE d'araignées en kg par jours de mer, pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France (rouge)

Figure 2.37 - Structure en taille des araignées sur la base des données MECANOR² sur la zone Nord Cotentin ; en rouge la partie non retenue, en bleu la partie des captures retenue

Figure 2.38 - Résultats du modèle de production CMSY des populations d'araignées des deux zones d'intérêt, 1 : Baie de Seine, et 2 : Seine Maritime, 3 : Hauts-de-France. La biomasse relative par zone à gauche (B/BMSY, biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au

Projet MECANOR²

rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/F_{MSY} , mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable).

Listes des tables

Table A - Nombre de mois par métier pour les 10 premiers métiers des quartiers maritimes de Manche Est Mer du Nord

Table 1.1 – Taxonomie du buccin

Table 1.2 - Données de vente en halles à marée des bulots en 2010, 2020 et 2021

Table 1.3 - Captures de bulots déclarées en tonnes sur les quartiers maritimes de Manche Est Mer du Nord en 2017 et 2021

Table 1.4 - Tableau récapitulatif des principales mesures de gestion de la pêche des bulots en place en 2022 dans les 3 régions productrices françaises : Bretagne, Normandie, Hauts-de-France

Table 1.5 - Facteur de correction des captures par marée en fonction de la médiane des captures associée au même navire

Table 1.6 - Présentation des combinaisons de modèles linéaires mixtes testés afin d'élever le nombre de jours de pêche du calendrier d'activité et les variables SACROIS dans le but de corriger et estimer les données manquantes du calendrier d'activité

Table 1.7 - Paramètres d'histoire de vie du bulot utilisés pour les modèles de production ; r taux de croissance intrinsèque, M/k ratio entre la mortalité de pêche et le paramètre k de la relation de Von Bertalanffy, L_{inf} taille asymptotique de la relation de Von Bertalanffy, L₅₀ taille à laquelle 50% des individus sont matures.

Table 1.8 - Processus de sélection des casiers échantillonnés dans le cadre de MECANOR² en fonction du nombre de casier total dans la filière considérée

Table 1.9 - Proportion des 3 métiers principaux (codes FAO) responsables des captures de bulot en Manche (Vile, VIId et IVc) et en Manche Est Mer du Nord (VIId et IVc) en

Table 2.1 – Taxonomie du homard européen

Table 2.2 – Taxonomie du tourteau

Table 2.3 – Taxonomie de l'araignée de mer

Table 2.4 - Données de vente en halles à marée des homard (1), tourteaux (2) et araignées (3) en 2018

Table 2.5 - Bilan de la réglementation applicable à la pêche des gros crustacés en Bretagne, Normandie et Hauts-de-France en 2022

Table 2.6 - Facteur de correction des captures par marée en fonction de la médiane des captures associée au même navire

Table 2.7 - Présentation des combinaisons de modèles linéaires mixtes testés afin d'élever le nombre de jours de pêche du calendrier d'activité et les variables SACROIS dans le but de corriger et estimer les données manquantes du calendrier d'activité

Table 2.8 - Paramètres d'histoire de vie du homard, tourteau et de l'araignée utilisés pour les modèles de production ; r taux de croissance intrinsèque, M/k ratio entre la mortalité de pêche et le paramètre k de la relation de Von Bertalanffy, L_{inf} taille asymptotique de la relation de Von Bertalanffy, L_{50} taille à laquelle 50% des individus sont mature

Table 2.9 - Proportion des 3 métiers principaux (codes FAO) responsables des captures de homard, araignée et tourteau en Manche (VIIe, VIId et IVc) et en Manche Est Mer du Nord (VIId et IVc) en termes de poids des captures et de marées, entre 2000 et 2022

Liste des annexes

Annexe 1 - Synthèses bibliographiques réalisées dans le cadre de MECANOR² sur la biologie et les pêcheries de bulot, homard, tourteau et araignées (avril 2021)

Annexe 2 - Calendrier des réunions de présentation du projet ou des résultats du projet MECANOR²

Annexe 3 - Proportion des métiers déclarant des captures de bulot, homard, tourteaux ou araignées en Manche Mer du Nord (zones CIEM VIIIE, VIID et IVC) entre 2000 et 2021

Annexe 4 - Calcul de l'effort de pêche et des CPUE grâce aux données SACROIS

Annexe 5 - Calcul de l'effort de pêche et des CPUE grâce aux données VMS

Annexe 6 - Paramétrisation des modèles de production par espèce et par zone

Annexe 7 - Tableau récapitulatif des périodes et classes de taille utilisées pour chaque prélèvement de bulot dans le cadre de MECANOR²

Annexe 8 - Tableau récapitulatif des variables mesurées pour la partie "maturité des bulots"

Annexe 9 - Sorties des modèles de production

Annexe 10 - Plots diagnostic des résidus de la régression linéaire du ratio longueur-largeur des bulots pour chaque zone (Manche Ouest, Baie de Seine, Seine Maritime, Hauts-de-France 7d et Hauts-de-France 4c)

Liste des abréviations

BREXIT	Retrait du royaume Uni de l'Union Européenne
CDPMEM	Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
CIEM	Conseil International pour l'Exploration de la Mer
CME	Coopérative Maritime Etaploise
CNPMEM	Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
CPUE	Capture Par Unité d'Effort
CRPMEM	Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
CSJ	Coquille Saint-Jacques
DLS	Data Limited Stocks - Stocks à données Limitées
FAO	Food and Agriculture Organisation
FPO	code FAO pour l'engin casier
FPO_CRU	code FAO pour les casiers à crustacés
FPO_MOL	code FAO pour les casiers à mollusques
FROM	Fonds Régional d'Organisation du Marché du poisson
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IGP	Indication Géographique Protégée
LPUE	Landings (Débarquements) Par Unité d'Effort
MECANOR ²	Amélioration de la gestion des Métiers du Casier en Normandie et dans le Nord de la France

Projet MECANOR²

MSC	Marine Stewardship Council
OPN	Organisation des pêcheurs Normands
RMD	Rendement Maximum Durable
SACROIS	Données de production et d'effort de pêche
SIH	Système d'Information Halieutique
SMAC	Sole de Manche Est : Amélioration des connaissances pour une meilleure gestion du stock
SMEL	Synergie Mer et Littoral
TAC	Totaux Admissibles de Capture
TBT	tributylétain
WGNSSK	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak

Contexte

La façade Manche Est Mer du Nord regroupe les régions de Normandie et des Hauts-de-France (Figure A).



Figure A - Façades maritimes de France ¹

Ses 1022 km de côtes comprennent les quartiers maritimes de Cherbourg, Caen, Le Havre, Fécamp, Dieppe, Boulogne et Dunkerque. Ces quartiers regroupent 644 bateaux au total en 2021, tous appartenant soit au CRPMEM Normandie, soit au CRPMEM Hauts-de-France. Les 3 organisations de producteur principales sur la façade sont l'OPN, le FROM Nord et la CME. La façade est confrontée actuellement à de nombreuses problématiques auxquelles les professionnels de la pêche doivent s'adapter : développement des parcs éoliens en mer, difficultés d'accès aux eaux dans le contexte du BREXIT, changement dans les assemblages d'espèces liés aux changements climatiques, ...

En Hauts-de-France, les métiers principaux pratiqués en 2021 sont : le chalut de fond à poissons démersaux et benthiques, le casier à grands crustacés, le filet trémail à soles, la drague à coquille St-Jacques et le casier à buccin. En Normandie, ce sont les dragues à coquille St-Jacques, les casiers à buccin, les casiers à grands crustacés, les chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques et les chaluts de fond à soles ^{2,3}.

Parmi les espèces les plus pêchées sur la façade Manche Est Mer du Nord, la sole est une espèce à forte valeur ajoutée. Les TAC et quotas sont quasiment consommés complètement chaque année. Depuis 2005, l'engin principal responsable de la plus grande proportion des captures de cette espèce est le filet trémail (code FAO : GTR) ⁴. Dans la flottille française en 2014, les fileyeurs de Manche Est étaient dépendants à 54% de la ressource en sole. Ils étaient également responsables de 38% des captures ⁵.

Depuis 2012, des baisses d'abondance de sole en Manche Est se font sentir. En 2013, le WGNSSK, groupe de travail du CIEM chargé notamment de l'évaluation du stock de sole en VIId (Manche Est), a estimé une forte baisse du recrutement en 2011 et 2012 (Figure B).

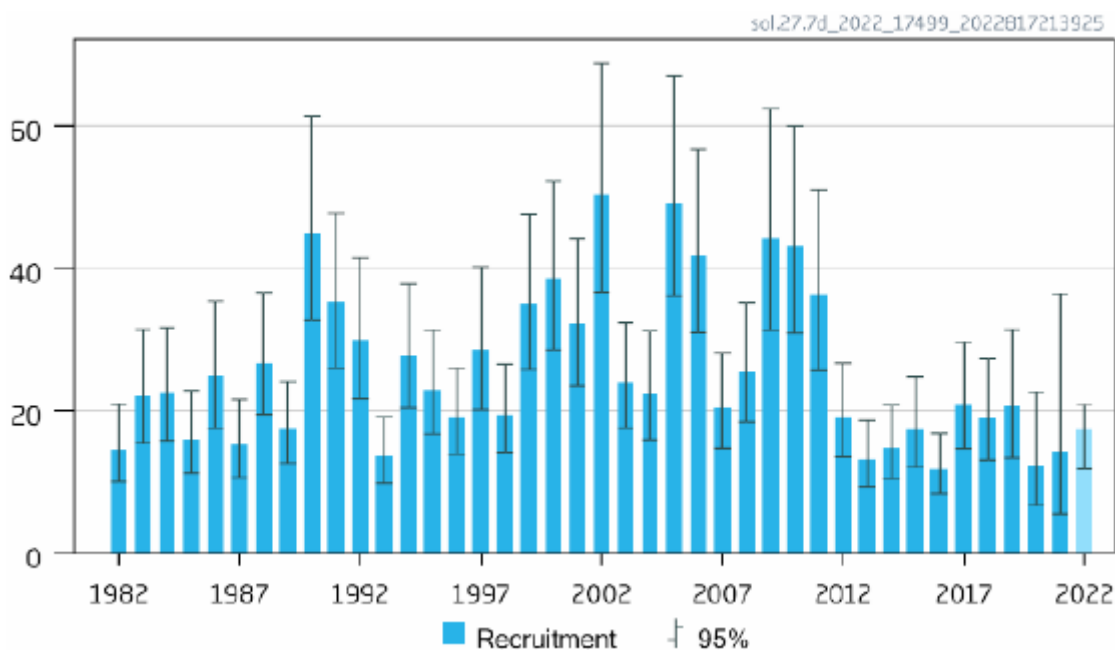


Figure B - Recrutement estimé de sole en zone VIId ⁶

Ces fortes baisses du recrutement conduisent inévitablement à de fortes baisses de biomasse exploitable dans les années suivantes. Cette baisse est d'autant plus rapide que les captures sont constituées majoritairement (à 70 %) d'individus jeunes de 3 à 4 ans ⁵. Les avis du groupe de travail sur le TAC ont également été revus à la baisse à partir de 2014 pour tenir compte de l'évolution à la baisse des estimations de recrutement et de biomasse (Figure C).

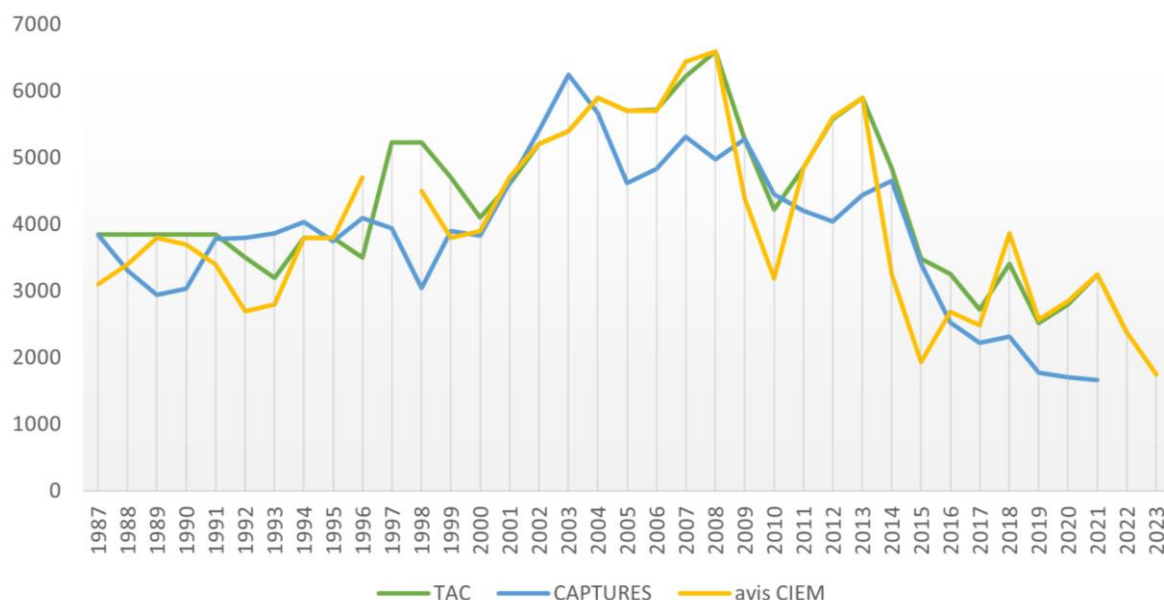


Figure C - Évolution des Avis CIEM (sur les débarquements puis les captures à partir de 2016), TAC (débarquements puis captures) et débarquements de sole de Manche Est (en tonnes) ⁶

En Manche Est Mer du Nord, de nombreux bateaux pratiquent le métier du filet trémail à soles et autres poissons benthiques et démersaux. C'est d'ailleurs le métier historique principal des navires artisans boulonnais ⁷. La sole est une espèce à forte valeur commerciale, sur laquelle repose l'équilibre économique de nombreuses entreprises de pêche sur la zone Manche Est 7d. Aussi, la baisse des TAC de sole en 7d à partir de 2013 a fortement inquiété les professionnels quant à la pérennité de leurs entreprises de pêche, et à la survie de leur activité. Le projet SMAC, lancé en 2015, a pour objectif d'améliorer les connaissances sur le stock de sole en Manche Est. Cependant, dans l'attente de résultats scientifiques et d'un changement de la réglementation sur la sole, les professionnels fileyeurs des Hauts-de-France et plus généralement de Manche Est Mer du Nord se sont diversifiés, voire quasi complètement convertis aux métiers du casier (bulots et gros crustacés).

Entre 2017 et 2021, on observe sur le quartier maritime de Boulogne-sur-Mer une baisse significative de la pratique du métier des filets, concomitante à une augmentation de la pratique des métiers du casier à crustacés et bulots. Sur le quartier maritime de Fécamp, la pratique du casier à buccin a augmenté entre 2017 et 2021. Sur les autres quartiers maritimes de la façade, les métiers du casier à gros crustacés ou à buccin ont une forte importance pour les navires qui y appartiennent (Table A).

Table A - Nombre de mois par métier pour les 10 premiers métiers des quartiers maritimes de Manche Est Mer du Nord ⁸⁻²¹

	2017	2021
Cherbourg	Casier à gros crustacés (778 mois, 44 % des navires) Casier à buccins (724 mois, 28 % des navires) Drague à CSJ (371 mois, 25 % des navires) Chalut de fond à poissons (281 mois, 19 % des navires) Filet à poissons (199 mois, 16 % des navires) Casier à seiches, poulpes (172 mois, 28 % des navires) Ligne à main à poissons (169 mois, 10 % des navires) Drague à bivalves (hors CSJ) (120 mois, 8% des navires) Chalut de fond à céphalopodes (110 mois, 12 % des navires) Palangre à poissons (80 mois, 6 % des navires)	Casiers à gros crustacés (1239 mois) Casiers à buccin (667 mois) Dragues à CSJ (512 mois) Dragues à bivalves hors CSJ et moules (183 mois) Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (176 mois) Casiers à céphalopodes (175 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (125 mois) Chaluts de fond à céphalopodes (88 mois) Casiers à petits crustacés (79 mois) Trémails à soles (78 mois)
Caen	Chalut de fond à poissons (716 mois, 61 % des navires) Drague à CSJ (584 mois, 59 % des navires) Casier à buccins (256 mois, 18 % des navires) Chalut pélagique à poissons (232 mois, 31 % des navires) Chalut de fond à céphalopodes (170 mois, 30 % des navires) Filet à poissons (129 mois, 17 % des navires) Chalut pélagique à céphalopodes (66 mois, 19 % des navires) Chalut de fond à crevettes (66 mois, 9 % des navires) Ligne à main à poissons (56 mois, 9 % des navires) Chalut de fond à bivalves (51 mois, 10 % des navires)	Dragues à CSJ (627 mois) Chaluts de fond à soles (521 mois) Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (316 mois) Chaluts pélagiques à petits pélagiques (289 mois) Chaluts de fond à céphalopodes (240 mois) Casiers à buccin (236 mois) Chaluts de fond à petits pélagiques (134 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (101 mois) Chaluts pélagiques à céphalopodes (96 mois) Chaluts de fond à petits crustacés (90 mois)
Le Havre	Chalut de fond à poissons (87 mois, 55 % des navires) Drague à CSJ (63 mois, 50 % des navires) Filet à poissons (36 mois, 36 % des navires) Chalut pélagique à poissons (44 mois, 45 % des navires) Casier à gros crustacés (43 mois, 32 % des navires) Casier à crevettes (30 mois, 27 % des navires)	Chaluts de fond à soles (103 mois) Dragues à CSJ (74 mois) Chaluts pélagiques à petits pélagiques (49 mois) Casiers à petits crustacés (41 mois) Casiers à gros crustacés (39 mois) Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (31

Projet MECANOR² - Contexte

	Casier à petits crustacés (12 mois, 14 % des navires) Chalut de fond à crevettes (9 mois, 9 % des navires) Chalut de fond à céphalopodes (7 mois, 9 % des navires) Chalut pélagique à céphalopodes (4 mois, 9 % des navires)	mois) Trémails à soles (29 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (24 mois) Chaluts de fond à petits crustacés (23 mois) Lignes à main à poissons démersaux et benthiques (12 mois)
Fécamp	Filet à poissons (158 mois, 68 % des navires) Casier à buccins (33 mois, 32 % des navires) Drague à CSJ (30 mois, 16 % des navires) Chalut pélagique à poissons (29 mois, 12 % des navires) Casier à gros crustacés (19 mois, 12 % des navires) Casier à seiches, poulpes (12 mois, 24 % des navires) Ligne à main à poissons (12 mois, 4 % des navires) Chalut de fond à poissons (11 mois, 8 % des navires) Casier à crevettes (10 mois, 16 % des navires) Chalut de fond à crevettes (8 mois, 4 % des navires)	Trémails à soles (136 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (107 mois) Casiers à buccin (103 mois) Dragues à CSJ (35 mois) Casiers à gros crustacés (27 mois) Casiers à céphalopodes (18 mois) Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (13 mois) Lignes à main à poissons démersaux et benthiques (10 mois) Chaluts pélagiques à petits pélagiques (10 mois) Casiers à petits crustacés (9 mois)
Dieppe	Drague à CSJ (364 mois, 67 % des navires) Chalut de fond à poissons (143 mois, 31 % des navires) Filet à poissons (133 mois, 17 % des navires) Casier à buccins (112 mois, 18 % des navires) Chalut de fond à céphalopodes (110 mois, 37 % des navires) Drague à poissons (70 mois, 20 % des navires) Casier à seiches, poulpes (42 mois, 18 % des navires) Chalut pélagique à poissons (25 mois, 10 % des navires) Chalut de fond à crevettes (24 mois, 6 % des navires) Chalut de fond à bivalves (14 mois, 5 % des navires)	Dragues à CSJ (384 mois) Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (139 mois) Casiers à buccin (113 mois) Trémails à soles (79 mois) Chaluts de fond à céphalopodes (66 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (48 mois) Chaluts de fond à soles (47 mois) Casiers à céphalopodes (41 mois) Chaluts de fond à petits crustacés (31 mois) Casiers à petits crustacés (25 mois)
Boulogne-sur-Mer	Filet à poissons (467 mois, 44 % des navires) Chalut de fond à poissons (335 mois, 38 % des navires) Casier à gros crustacés (176 mois, 21 % des navires) Chalut de fond à céphalopodes (165 mois, 22 % des navires) Drague à CSJ (137 mois, 20 % des navires)	Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (287 mois) Casiers à gros crustacés (236 mois) Dragues à CSJ (176 mois) Trémails à soles (166 mois)

Projet MECANOR² - Contexte

	Chalut pélagique à poissons (107 mois, 21 % des navires) Drague à poissons (69 mois, 11 % des navires) Chalut de fond à crevettes (59 mois, 9 % des navires) Casier à buccins (46 mois, 4 % des navires) Senne de fond à poissons (37 mois, 3 % des navires)	Casiers à buccin (147 mois) Sennes danoises à poissons démersaux et benthique (87 mois) Chaluts de fond à petits crustacés (69 mois) Chaluts de fond à céphalopodes (68 mois) Chaluts pélagiques à petits pélagiques (66 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (58 mois)
Dunkerque	Filet à poissons (122 mois, 86 % des navires) Chalut de fond à poisson (24 mois, 21 % des navires) Chalut de fond à crevettes (10 mois, 14 % des navires) Drague à CSJ (5 mois, 7 % des navires)	Trémails à soles (79 mois) Chaluts jumeaux à petits crustacés (79 mois) Dragues à CSJ (79 mois) Lignes à main à poissons démersaux et benthiques (79 mois) Lignes de traîne à poissons démersaux et benthiques (79 mois) Chaluts à perche à soles (79 mois) Trémails à poissons démersaux et benthiques (79 mois) Chaluts de fond à poissons démersaux et benthiques (79 mois)

La baisse des rendements de la pêche à la sole, pratiquée par de nombreux bateaux des quartiers maritimes de Boulogne-sur-Mer et Dunkerque, a mis à mal les entreprises de pêche dont l'équilibre reposait en grande partie sur la sole, espèce à haute valeur ajoutée ²². Les fileyeurs des Hauts-de-France se sont donc reconvertis vers les métiers du casier à gros crustacés (2e métier en nombre de mois sur le quartier de Boulogne-sur-Mer) et du casier à buccin (5e métier en nombre de mois sur le quartier de Boulogne-sur-Mer). L'augmentation rapide de l'effort de pêche sur les récentes années dans les Hauts-de-France, et sur les 20 dernières années sur l'ensemble de la Manche Est Mer du Nord inquiète cependant quant à la durabilité de la ressource et la pérennité de leur exploitation. En effet, la réglementation est mise en place sans indicateurs scientifiques, et les stocks sont donc à risque de surexploitation.

Le projet MECANOR²

L'objectif du projet MECANOR² est de produire un premier diagnostic sur les ressources en bulot, homard, tourteau et araignée en Manche Est - Mer du Nord. En effet, si les pêcheries au casier se sont développées fortement sur cette zone dans les 20 dernières années, aucune évaluation de stock ne permet de s'assurer de la durabilité de l'exploitation. Ce travail s'articule autour de 3 axes principaux, et selon le calendrier prévisionnel établi au dépôt du projet (Figure D).

		Année 1												Année 2												Année 3												
N° axe	Action	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
	Comité de pilotage																																					
	Réunion technique																																					
Axe 1	Etude bibliographique																																					
	Description des pêcheries																																					
	Inventaire des données disponibles																																					
Axe 2	Ateliers et préparation des campagnes																																					
	Campagnes d'autoéchantillonnage																																					
	Campagnes scientifiques																																					
	Analyses et modélisation																																					
Axe 3	Communication en direction des professionnels																																					
	Identification de mesures de gestion																																					
	Modification de la réglementation si nécessaire																																					

Figure D - Calendrier prévisionnel des différentes actions du projet MECANOR²

Le premier axe s'est attaché à réaliser un état de l'art relatif aux connaissances générales sur les pêcheries aux casiers sur la façade concernée :

- aspects biologiques des espèces concernées : cycle de vie, habitats, croissance, maturité, ageage
- réglementation applicable sur ces stocks dans les principales régions productrices
- disponibilité d'informations et compléments à mettre en place dans les zones géographiques déficitaires en données
- aspects halieutiques sur la stratégie des différentes pêcheries : production en France, techniques de pêche, sélectivité des casiers, valorisation des captures

Des synthèses bibliographiques sur chacune des espèces reprenant ces différents points ont été produites et sont présentées en Annexe 1.

Le deuxième axe s'est focalisé sur la collecte et l'analyse des données nouvelles ou anciennes sur les espèces concernées. 2 méthodes de collecte de données ont été mises en place :

Projet MECANOR² - Objectifs

- auto-échantillonnage et test d'outils connectés pour la collecte de données impliquant les professionnels
- observation des captures à bord des navires lors d'embarquements.

L'analyse des données de production et des données d'observation collectées dans ce projet ou dans d'autres campagnes précédentes permettra de combiner plusieurs approches de modélisation par des méthodes DLS spécifiques pour les stocks à données limitées.

Enfin, le dernier axe correspond au travail de communication sur le projet puis sur ces résultats. Le calendrier des présentations du projet MECANOR² est présenté en Annexe 2. L'issue finale du projet est de présenter aux professionnels les résultats de ces diagnostics sur les 2 pêcheries de bulot et des gros crustacés, afin qu'ils puissent ensuite établir des mesures de gestion permettant une exploitation durable de la ressource et la pérennité de leurs entreprises.

Le rapport se divise en 2 parties correspondant aux 2 pêcheries étudiées : la pêcherie de bulot et la pêcherie des gros crustacés.

Chapitre 1 : La pêche de bulots en Manche Est Mer du Nord

Introduction

Biologie du bulot

Le bulot, ou buccin²³, est un mollusque gastéropode (Table 1.1) subtidal très commun des côtes Atlantiques Nord²⁴⁻²⁸.

Table 1.1 – Taxonomie du buccin²³

Règne	Phylum	Classe	Sous classe
<i>Animalia</i>	<i>Mollusca</i>	<i>Gasteropoda</i>	<i>Caenogastropoda</i>
Ordre	Super famille	Famille	Genre
<i>Neogastropoda</i>	<i>Buccinoidea</i>	<i>Buccinidae</i>	<i>Buccinum</i>

Le bulot est facilement identifiable grâce à la morphologie caractéristique de sa coquille^{24,28-40}. C'est un animal gonochorique, c'est-à-dire que les sexes sont séparés^{36,41,42}. Lorsqu'il est sexuellement mature, le mâle développe un pénis au niveau de son pied. La femelle quant à elle, développe sa glande coquillière. Les gonades sont situées au niveau de la masse viscérale enroulée (Figure 1.1).



Figure 1.1 - Morphologie des buccins décoquillés mâle (à droite) et femelle (à gauche) sexuellement matures. L'étoile signale le pénis chez le mâle, et le triangle signale la glande coquillière de la femelle. L'emplacement de la gonade est signalé par les flèches. (@Anaïs Roussel).

Il est présent sur l'ensemble de l'Atlantique Nord (Figure 1.2), sur les côtes canadiennes comme sur les côtes Européennes ²⁴⁻²⁸. En France, il est abondant en Manche Ouest, et en Manche Est Mer du Nord.



Figure 1.2 – Aire de répartition du bulot ³¹

Le bulot vit en zone subtidale, jusqu'à 100 à 200 mètres de profondeur ^{27,31,43-45}, préférentiellement sur les fonds de débris coquilliers ⁴³. Sur les côtes Canadiennes, on retrouve les bulots vers 20 mètres de profondeur environ ³⁹. C'est un animal qui ne migre pas, sédentaire dont la capacité de déplacements est faible ^{30,32,36,46}.

Il peut tolérer des salinités jusqu'à 2‰, bien que ce genre de valeurs ne soit pas fréquent dans son habitat ⁴³. Ils sont très peu tolérants à la dessiccation ^{44,47}. Ils supportent mal les hautes températures, et le maximum de tolérance thermique est situé autour de 29°C ^{43,44,47}. Au-dessus de cette température, le succès reproducteur comme la croissance sont fortement

réduits ²⁶. Leur croissance est continue mais lente ^{32,43}. Elle est stimulée par des plus hautes températures, dans la limite de sa tolérance thermique au-delà de laquelle la croissance est fortement inhibée ⁴⁸. Ils peuvent atteindre une taille maximale de 15 cm ³⁹. Il est possible de retracer la croissance de cet animal par lecture des incréments annuels de croissance visibles sur l'opercule. Cependant, cette méthode manque parfois de précision et les opercules peuvent être difficiles à lire. La morphologie enroulée de la coquille rend difficile la sclérochronologie sur cette partie calcifiée ^{33,34,42,49,50}.

Le bulot est un gastéropode prédateur et nécrophage, il consomme principalement les bivalves et les polychètes ⁵¹, mais son régime alimentaire est varié, dépendant des proies qu'il rencontre ⁵². Grâce à ses chémorécepteurs, il peut détecter ses proies à plus ou moins grande distance en fonction du sens et de la puissance du courant ^{39,46,51,53}. La prise alimentaire augmente généralement au moment de la reproduction, particulièrement chez les femelles ^{54,55}. Ils sont la proie de l'homme, des oursins et étoiles de mer, mais également des homards sur la côte américaine ^{30,56,57}. Les besoins alimentaires et les besoins en énergie varient selon la saison, ces derniers sont plus importants notamment pour la femelle pendant la période de ponte. La production de mucus peut également mobiliser jusqu'à 25% des réserves en énergie ⁵⁸.

La gamétogenèse est annuelle et les pontes ont lieu chaque année ³⁰. Le stade de développement gonadique peut être évalué après dissection des animaux (taille, couleur de la gonade et des glandes annexes) ou encore par l'observation de coupes histologiques de gonades. Dans le Cotentin et en Manche Ouest, les mâles produisent des spermatozoïdes généralement dès la fin de l'été sur ce site ^{32,59,60}, et les femelles contiennent des ovocytes vitellogéniques en début d'hiver (octobre-novembre), mais cela reste variable en fonction des conditions environnementales et des caractéristiques biologiques propres à une population ^{29,50,61}. En Manche Ouest, la ponte a lieu entre novembre et décembre, tandis qu'elle a lieu au printemps sur les côtes canadiennes ^{43,62,63}. Les bulots y sont matures vers 3 à 4 ans ^{24,32,61}. La fécondation est interne. La femelle peut stocker le sperme dans un réceptacle séminal pendant 8 semaines avant de féconder ses œufs ⁶³. Les bulots se reproduisent en des masses agrégées, desquelles sont issus des amas de capsules ⁶¹⁻⁶⁵. Chaque femelle pond entre 80 et 150 capsules, chacune contenant entre 500 et 2000 œufs desquels seul 1% arrivera à l'éclosion ^{39,64}. Après une période d'incubation où l'œuf se développe en juvénile au sein de la capsule, en se nourrissant des autres œufs, les juvéniles sortent de la capsule au début du printemps dans les eaux européennes ^{30,47,62,66}. Toute la phase larvaire se déroule à l'intérieur des capsules, durant 130 à 140 jours ^{32,64}. Les juvéniles qui en sortent lors de l'éclosion ont une morphologie similaire aux adultes.

Imposex et impact des polluants sur le bulot : Le TBT est un polluant perturbateur endocrinien présent dans les peintures antifouling des bateaux. Aujourd'hui interdit, il reste tout de même présent en quantité dans les eaux, surtout là où le trafic maritime est important ^{67,68}. Les bulots qui se développent dans les zones polluées peuvent développer le phénomène de l'imposex : les femelles développent un pénis non fonctionnel, et in fine deviennent infertiles ³⁸. L'imposex devient alors un indicateur de la pollution ^{32,69,70} des milieux dans lesquels se sont développés les bulots, puisqu'en effet, si les œufs et les adultes semblent moins sensibles, les juvéniles présentent une grande sensibilité à ce polluant ^{71,72}. Enfin, même si l'imposex ne réduit pas la maturité fonctionnelle des femelles, il se pourrait qu'elle limite voire empêche anatomiquement la reproduction ^{24,73–75}.

Exploitation du bulot

Les bulots sont pêchés majoritairement au casier à bulot. Les casiers sont regroupés en filières de 20 à 100 unités, et appâtés avec des araignées, crustacés, poissons divers. Les filières sont relevées toutes les 24 à 48 heures.

Cette espèce est historiquement consommée et pêchée en Manche Ouest, notamment dans la Baie de Granville où il bénéficie d'une IGP, et est également labellisé MSC ^{76,77}.

En 2010, 3595 tonnes de bulots ont été déclarées vendues en halles à marées. 4307 tonnes ont été déclarées en 2021. L'augmentation globale des captures observée est due à un développement de l'activité sur la façade Manche Est Mer du Nord. En effet, la principale halle à marée déclarant des ventes de bulots en 2010 est Granville, située en Manche Ouest. En 2020 et 2021, plusieurs halles à marée de Manche Est Mer du Nord font partie des principales halles à marée déclarant du bulot (Table 1.2) ^{78,79}.

Table 1.2 - Données de vente en halles à marée des bulots en 2010, 2020 et 2021 78,79,79

	2010		
Halle à marée	Q. vendues (T)	V. ventes (k€)	P.M. (€/kg)
Toutes halles à marée	3 196	5 560	1,74
GRANVILLE	2 882	5 115	1,78
LE GRAU DU ROI	9	7	0,77
PORT EN BESSIN	14	25	1,80
SAINT QUAY PORTRIEUX	18	32	1,83
LE CROISIC	21	66	3,17
ERQUY	177	155	0,87
FECAMP			
DIEPPE	19	40	2,09
LORIENT	13	43	3,17
CHERBOURG	20	36	1,84
BOULOGNE/MER	2	2	0,89
GRANDCAMP	8	13	1,54
BREST	0,3	1	1,59

	2020			2021		
Halle à marée	Q. vendues (T)	V. ventes (k€)	P.M. (€/kg)	Q. vendues (T)	V. ventes (k€)	P.M. (€/kg)
Toutes halles à marée	4 256	8 083	1,90	4 307	9 299	2,16
GRANVILLE	1 562	3 736	2,39	1 935	4 948	2,56
DIEPPE	590	1 101	1,87	552	1 361	2,46
ERQUY	851	830	0,98	853	863	1,01
PORT EN BESSIN	310	571	1,85	299	540	1,81
SAINT MALO	385	810	2,10	171	438	2,56
FECAMP	135	260	1,92	84	254	3,04
BOULOGNE/MER	84	179	2,13	107	244	2,27
GRANDCAMP	219	311	1,42	140	238	1,71
CHERBOURG	51	99	1,93	53	106	1,98
SAINT QUAY PORTRIEUX	25	35	1,45	45	103	2,29
LORIENT	18	62	3,40	27	83	3,12
OLERON	0	0	3,29	21	55	2,60
BREST	9	30	3,13	9	31	3,55
LE CROISIC	10	42	4,04	5	19	3,95
LE GRAU DU ROI	2	3	1,47	4	6	1,56

L'augmentation de l'importance des captures de bulots en Manche Est Mer du Nord est corrélée à une augmentation de la pratique du métier du casier à bulots sur les quartiers maritimes de la façade Manche Est Mer du Nord. Entre 2017 et 2021, principalement sur les quartiers de Boulogne-sur-Mer et Fécamp, la pratique du métier a augmenté de 100 et 90 mois respectivement (soit 300% d'augmentation dans les 2 cas). Les débarquements ont été multipliés par 3 à Fécamp, par 2 à Boulogne-sur-Mer. Sur le quartier maritime de Dieppe, la

pratique du métier reste importante et stable, s'étant développée plus tôt, entre 2012 et 2015⁷⁸⁻⁸⁰. Les débarquements ont légèrement baissé (-200 tonnes, -22%). Sur les quartiers maritimes de Cherbourg et Caen, la pratique du métier est, en nombre de mois, en légère baisse. Cette baisse est certainement due à la réglementation qui revoit à la baisse dans ces zones le contingent de licences et de casier disponibles. Les débarquements sont également en baisse sur ces quartiers maritimes entre 2017 et 2021 (Table 1.3). Le métier reste cependant important pour les navires de cette zone⁸⁻²¹.

Table 1.3 - Captures de bulots déclarées en tonnes sur les quartiers maritimes de Manche Est Mer du Nord en 2017 et 2021⁸⁻²¹

	2017	2021
Cherbourg	6808 t (25 %)	5 629 (19 %)
Caen	2026 t (10 %)	1 550 (9 %)
Le Havre	/	/
Fécamp	221 t (0 %)	663 (3 %)
Dieppe	1131 t (11 %)	892 (9 %)
Boulogne-sur-Mer	357 t (1 %)	761 (3 %)
Dunkerque	/	/

Si les stocks en Manche Ouest bénéficient de suivis et/ou d'évaluations, sur la façade Manche Est Mer du Nord les stocks de bulots ne sont pas suivis. La réglementation (Table 1.4) mise en place n'est pas basée sur des évaluations ou rapport scientifiques.

Table 1.4 - Tableau récapitulatif des principales mesures de gestion de la pêche des bulots en place en 2022 dans les 3 régions productrices françaises : Bretagne, Normandie, Hauts-de-France

	Bretagne	Normandie	Hauts-de-France
Réglementation nationale en vigueur	81,82		
Réglementation régionale en vigueur	Morlaix ^{83,84} Ille et Vilaine ^{85,86} Côtes d'Armor ^{87,88} Auray-Vannes ^{89,90}	Manche Ouest ⁹¹ Nord Cotentin/Baie de Seine ^{92,93} Seine Maritime ^{94,95}	96
Contingent de licence (par timbre si applicable)	MX : 6 licences 35 : - CDPMEM 35 : 10 licences - CDPMEM 22 : 2 licences - CRPMEM Normandie : 8 licences (pour la zone EST uniquement) 22 : - CDPMEM 22 : 35 licences - CDPMEM 35 : 11 licences AY/VA : /	MO : 68 licences (devra être diminué selon les conditions d'attribution des licences) NC/BdS : 47 licences (devra être diminué à 40 licences) 76 : 50 licences (devra être diminué à 35 licences)	Pêche ciblée (bulot = activité principale toute l'année) : 2 licences Pêche ciblée temporaire (pêche ciblée du bulot pendant 80 jours) ou Pêche polyvalente : 40 licences
Possibilité de cumul des licences	OUI	NON	NON

Projet MECANOR² - Chapitre 1 : La pêcheerie des bulots

Valeur d'AEP/ANP			ANP
Caractéristiques des navires éligibles à la licence "bulots"	22 : navires inférieurs à 13 m (hors tout), sauf renouvellements AY/VA : longueur hors tout inférieure à 11 m, puissance motrice inférieure ou égale à 150 kW (204 CV)		
Obligations d'AIS	22 : OUI		
Réglementation sanitaire	22/AY/VA : "justifier personnellement des conditions réglementaires pour la commercialisation des coquillages, et/ou détenir des contrats de vente à des acheteurs justificatif de ces conditions, soit s'engager à la mise en vente de ses productions par un Centre d'Expédition agréé"		"si le navire ne dispose pas d'un agrément sanitaire [...], les produits devront transiter par un établissement agréé à terre. [...] les bulots doivent être accompagnés d'un document d'enregistrement conforme"
Fermetures spatio-temporelles, jour de pêche autorisés et zones de cantonnement	MX : ouvert le lendemain de la fermeture de la CSJ, fermé à partir du 15 août 35 : OUI 22 : OUI AY/VA : ouvert les jours ouvrables du lever au coucher du soleil	MO : fermé en janvier, les weekends et jours fériés NC/BdS : fermé les week ends ; 2 zones de fermeture spatio-temporelle 76 : interdit dans les 0-6 miles du 1/06 au 15/12 ; fermée les week ends	Fermeture jours fériés et/ou dimanche selon le timbre Zones de fermetures spatio-temporelles : Ertée, Mimer, Dallot, Ridens

Projet MECANOR² - Chapitre 1 : La pêche des bulots

Lieux de débarquement	Ceux prévus par arrêté préfectoral en vigueur	MO : OUI NC/BdS : selon les arrêtés préfectoraux en vigueur	
Engins autorisés	35 : casier 22 : casier	MO : casier NC/BdS : casier	casier
Nombre de casier par navire et/ou par homme	MX : 500 casiers/navire 35 : 720 casiers/navire 22 : 720 casiers/navire AY/VA : 200 casiers/navire	MO : 720 casiers/navires pour 3 hommes 480 casiers/navire pour 2 hommes 240 casiers/navire pour 1 homme NC/BdS : 400 casiers/navire 76 : 900 casiers/navire	Pêche ciblée : 200 casiers/homme, dans la limite de 1000 casiers/navire Pêche ciblée temporaire : 100 casiers/homme, dans la limite de 400 casiers/navire Pêche polyvalente : 50 casiers/homme, dans la limite de 200 casiers/navire
Réglementation des filières	22 : 60 casiers par filière maximum, orins plombés obligatoires filières identifiées	filières identifiées	filières identifiées
Taille minimale de capture	45 mm		
Limite de capture	35 : 1000 à 1500 kg/navire/jour, selon la période, dans la limite de 220 tonnes annuelles 22 : 6000 à 7500	MO : 300 kg/homme/jour dans la limite de 900 kg/navire/jour NC/BdS : 800 kg/navire/jour	Pêche ciblée : 400 kg/homme/jour, dans la limite maximale de 2 tonnes/navire/jour Pêche ciblée temporaire :

Projet MECANOR² - Chapitre 1 : La pêcheerie des bulots

	kg/semaine/navire, dans la limite de 200 tonnes annuelles	76 : 1200 kg/navire/jour	- 12 m : 200 kg/homme/jour, dans la limite maximale de 800 kg/navire/jour + 12 m : 250 kg/homme, dans la limite maximale de 1 tonne/navire/jour Pêche polyvalente : 100 kg/homme/jour, dans la limite maximale de 400 kg/navire/jour
Mesures de tri	35 : grilles de tri d'écartement des barrettes de 20 mm minimum, tri sur zone de pêche 22 : grilles de tri d'écartement des barrettes de 23 mm minimum, tri sur zone de pêche	MO : grille de tri d'écartement des barrettes de 22 mm, tri sur zone de pêche NC/BdS : grille de tri d'écartement des barrettes de 22 mm, tri sur zone de pêche	Pêche ciblée : machine de tri d'écartement de 22 mm, pente supérieure à 5° Pêche ciblée temporaire & Pêche polyvalente : table de tri fixe d'écartement des barrettes de 22 mm Tri sur le lieu de pêche
Pêche accessoire	22 : 10% du tonnage des captures maximum	NC/BdS/76 : 50 kg/navire/jour	
Gestion des déchets	AY/VA : "Les pêcheurs sont tenus de procéder au nettoyage des zones de pêche par l'enlèvement des étoiles de mer, bigorneaux perceurs, crépidules et autres parasites qui seront ramenés à terre en vue de leur destruction"	Les déchets des appâts devront être ramenés à terre	

Ce tableau reprend la réglementation en vigueur à un instant t. Le contenu des arrêtés peut être modifié dans le temps, aussi merci de se référer aux arrêtés en vigueur disponibles sur les sites internet des comités régionaux (CRPMEM Bretagne, Normandie et Hauts-de-France) et du comité national (CNPMEM)

Objectifs du projet MECANOR²

Le métier du casier à bulot est un métier déjà important depuis de nombreuses années en France, et notamment en Manche Ouest (Baie de Granville). Depuis moins d'une dizaine d'années, la pêche du bulot s'est développée en Manche Est Mer du Nord. Ce développement est à relier au besoin de diversification de l'activité des fileyeurs à sole qui face à la raréfaction de la ressource en sole, ont dû diversifier leur activité vers les métiers du casier. Des suivis de la ressource sont déjà en place en Manche Ouest, et ont permis la certification MSC de la pêche, et l'obtention d'une IGP. En Manche Est Mer du Nord, le développement récent et rapide des pêcheries de bulot inquiète quant à la durabilité de l'exploitation de la ressource, et la pérennité de l'activité.

Dans ce contexte, le projet MECANOR² a pour objectif de mieux connaître l'exploitation des bulots en Manche Est Mer du Nord. 2 actions ont été mises en place. Premièrement, les données de production ont été rassemblées afin de produire des séries temporelles de captures et CPUE. Ces séries seront intégrées dans des modèles DLS d'évaluation de stocks à données limitées, afin de produire un premier diagnostic de l'état des stocks. Enfin, le projet MECANOR² a aussi permis la collecte de données biologiques et biométriques sur plusieurs zones où sont identifiées des flottilles différentes. Ces données permettent de mieux comprendre les dynamiques des stocks de bulot étudiés : taille moyenne de capture, structure de taille, taille à première maturité ou encore saisonnalité du cycle de reproduction des bulots. L'ensemble de ces résultats vont permettre de dresser un premier bilan sur les stocks de bulots en Manche Est Mer du Nord.

Matériel et Méthodes

La pêche de bulots : données sur l'exploitation

L'ensemble des analyses se feront à l'échelle de 3 zones (Figure 1.3). Ces zones ont été définies en fonction des caractéristiques des flottilles et de l'analyse préliminaire des captures, ainsi que des limites administratives séparant différentes réglementations de gestion de la pêche : la Baie de Seine (rectangles 27E8, 27E9, 28E9), la Seine Maritime (rectangles 28F0, 28F1, 29F0) et les Hauts de France (rectangles 29 à 31F1, 30F2).

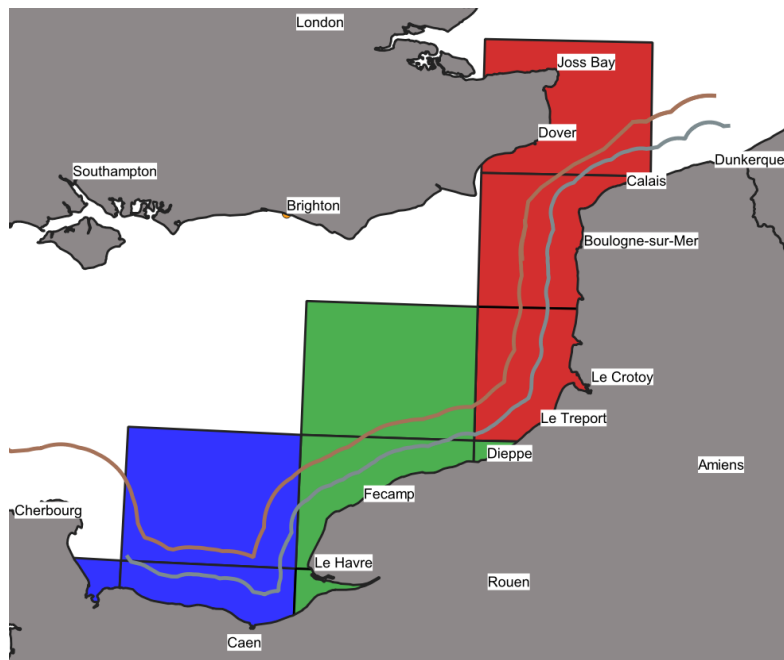


Figure 1.3 - Carte des 3 zones retenues pour l'analyse des données de capture et l'évaluation des stocks de bulot en Manche Est - Mer du Nord (zone bleue : Baie de Seine, zone verte : Seine Maritime, zone rouge : Hauts-de-France ; ligne marron : limite 12 miles nautiques ; ligne grise : limite 6 miles nautiques)

L'exploitation est caractérisée par 2 variables principales : les captures totales et l'effort de pêche. Les CPUE correspondent au rapport entre les captures et l'effort de pêche. Dans le but de produire un premier diagnostic sur les pêcheries de bulot en Manche Est - Mer du Nord, des modèles de production DLS ont été utilisés (voir partie Modèles de production). Ces modèles nécessitent à minima une série temporelle de captures, voire pour certains une série temporelle de CPUE⁹⁷⁻⁹⁹. Ces données brutes permettent également de mieux comprendre les dynamiques d'exploitation des stocks.

Captures

Les captures totales annuelles de bulot ont été extraites de la base SACROIS de 2000 à 2021 sur l'ensemble de la Manche - Mer du Nord. Afin d'identifier tout changement dans les pratiques de pêche, la proportion des métiers déclarant des captures de bulot a été vérifiée. Ces résultats sont présentés en Annexe 3, et ne présentent pas de variation significative au cours des années prises en compte.

Les données de captures réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) ont été extraites de la base SACROIS pour les analyses qui suivent, et corrigées pour éviter de possibles outliers liés (1) à des erreurs d'unité ou (2) à des erreurs dans le report des espèces. Pour corriger la typologie d'erreur (1), les captures plus de 10 fois supérieures à la médiane des captures attribuées au même navire ont été divisées par un facteur de correction (Table 1.5). Afin de corriger la typologie d'erreur (2) les valeurs élevées reliées à des navires n'ayant reporté qu'une marée ponctuelle ont été supprimées de l'analyse.

Table 1.5 - Facteur de correction des captures par marée en fonction de la médiane des captures associée au même navire

Écart à la médiane (facteur)	>500	500<= & >50	<=10
Facteur de correction	1000	100	10

Effort

Le bulot se pêche majoritairement à l'aide de casiers appâtés. Il en existe 2 types principaux en usage sur la façade (Figure 1.4), dont l'efficacité relative n'est pas connue. Pour ce rapport, les 2 types de casiers sont considérés de capturabilité similaire.



Figure 1.4 - Photographie des 2 types de casier utilisés sur la façade Manche Est - Mer du Nord pour l'exploitation du bulot ; (gauche) casier type cloche, (droite) casier artisanal fabriqué à partir de bidons (crédits photo : Laurence Hegron-Macé, SMEL)

L'effort de pêche associé à la pêche au casier du bulot est caractérisé par deux facteurs principaux : le nombre d'opérations de pêche et le nombre de casiers utilisés au cours de chacune des opérations de pêche. Une partie des autres variables pouvant impacter la caractérisation de l'effort concerne l'aire d'attractabilité des casiers : la typologie de l'appât, le régime de marée, le nombre de casiers par filière et le nombre de filières mais également la durée d'immersion ont un rôle fondamental dans l'efficacité des casiers ¹⁰⁰. Toutefois, les informations relatives à ces autres variables ne sont pas disponibles, de ce fait elles ne seront pas prises en considération dans le cadre du projet MECANOR².

Dans le but d'estimer l'effort de pêche et les CPUE, différentes sources d'information ont été considérées : SACROIS, calendriers d'activité (produits par le SIH ¹⁰¹), données VMS.

L'approche des calendriers d'activité a été retenue. Celle-ci permet en effet la plus grande couverture temporelle. Les résultats du calcul de l'effort de pêche et des CPUE grâce aux données SACROIS et aux données VMS sont présentés respectivement en Annexes 4 & 5.

Les calendriers d'activité ont pour objectif premier la caractérisation de l'activité de pêche. Les données extraites pour les navires ayant reporté une activité au casier à mollusque sont : le nombre de jours de mer, le nombre de jours de pêche, le nombre d'hommes, ainsi que le nombre de mois. Afin de faire correspondre cet effort aux données de captures SACROIS, seuls les bateaux reportant dans SACROIS des captures de bulot ont été conservés.

La relation entre le nombre de jours de pêche des calendriers d'activité et les variables SACROIS (secteur de pêche, année, code navire, et nombre de marées reportées sur SACROIS) a été testée à l'aide d'un modèle linéaire mixte (lmm). Une approche soustractive

des variables a été utilisée afin de caractériser le meilleur modèle (Table 1.6). Les résultats de ces modèles ont été utilisés afin de prédire l'effort annuel de ces bateaux, en nombre de jours de mer.

Table 1.6 - Présentation des combinaisons de modèles linéaires mixtes testés afin d'élever le nombre de jours de pêche du calendrier d'activité et les variables SACROIS dans le but de corriger et estimer les données manquantes du calendrier d'activité

Modèles	Variables		
	Années	Marées	Navires
M1	fixe	fixe	aléatoire
M2	fixe	-	aléatoire
M3	-	fixe	aléatoire
M4	fixe	fixe	-

CPUE

Sur la base de la série temporelle de captures de bulot (présentée dans la partie *Captures*), et du proxy d'effort calculé via l'approche Imm des calendriers d'activité (présenté dans la partie *Effort*), une CPUE proxy du poids par jour de pêche a été calculée.

Modèles de production

Les modèles de productions sont à la base d'une part importante des modèles DLS. Ils expriment la biomasse d'un stock à un temps t en fonction de sa biomasse au pas de temps t_1 . Les différentes formulations intègrent de manière variable les paramètres biologiques de l'espèce (taux de croissance, capacité limite du milieu, mortalité naturelle, relation de stock recrutement) et la mortalité liée à la pêche. L'ensemble des modèles présentés dans cette section appartiennent à cette catégorie. Pour l'ensemble des modèles de production, les captures SACROIS corrigées de 2000 à 2020 ont été utilisées et, lorsque nécessaire, un CPUE sur la base du croisement des captures corrigées de SACROIS et du proxy d'effort obtenu par l'approche Imm de l'étude des calendriers d'activité, de 2000 à 2020. Pour chacune des zones, un set de modèles et de paramétrisation a été testé (Annexe 6).

CMSY

CMSY⁹⁹ est un modèle dérivé de Catch-MSY¹⁰², permettant d'inclure uniquement des données de capture ou de croiser des données de capture et d'indices d'abondance, sur la base d'un modèle de dynamique de biomasse de Schaefer (1954)¹⁰³ (équation 1).

$$B_{t+1} = B_t + r\left(1 - \frac{B_t}{K}\right)B_t - C_t$$

(1)

B_{t+1} : biomasse au temps $t+1$, B_t : biomasse au temps t , r : taux de croissance intrinsèque, K : capacité limite du milieu, C_t : capture au temps t .

Ce modèle a été élaboré de manière à déterminer le meilleur couple de paramètres r (taux de croissance intrinsèque) et K (capacité limite du milieu) qui peut être associé à une dynamique de capture. Cette formulation exclut les couples de valeurs menant à l'extinction du stock ou à une biomasse dépassant la valeur maximale de la capacité limite. Il est possible d'ajouter à ce modèle des priors de biomasse relative au début, à un point intermédiaire et à la fin de la séquence temporelle considérée. Ici la formulation du modèle utilisée est issue du repository github : <https://github.com/SISTA16/cmsy.git>. L'ensemble des priors utilisés pour les modèles d'évaluation de stocks à données limitées est présenté à la fin de la partie Modèles de production (Table 1.7).

SPicT

SPicT⁹⁷ est basé sur la formulation de Pella-Tomlinson (1969)¹⁰⁴ du modèle de dynamique de biomasse (équation 2).

$$\frac{dB_t}{dt} = \frac{r}{n-1} B_t \left(1 - \left[\frac{B_t}{K} \right]^{n-1} \right) - F_t B_t$$

(2)

B_t : Biomasse au temps t , r : taux de croissance intrinsèque, n paramètre de la relation de stock recrutement de Pella-Tomlinson (si $n = 2$, la relation devient une relation de Schaefer), K : capacité limite du milieu, F_t : mortalité de pêche que temps t .

Il peut cependant être paramétré pour différentes relations stock-recrutement et donc être égal à la formulation de Schaefer⁹⁷. SPicT estime la biomasse ainsi que la mortalité par pêche

comme des processus continus. Ce modèle ne requiert aucun prior, cependant il permet, lorsque ceux-ci sont disponibles, d'intégrer des priors pour r (taux de croissance intrinsèque), K (capacité limite du milieu), q (capturabilité) et n (paramètre de stock recrutement de Pella-Tomlinson). L'ensemble des priors utilisés pour les modèles d'évaluation de stocks à données limitées sont présentés à la fin de la section modèle (Table 1.7).

JABBA

JABBA⁹⁸ est un modèle de dynamique de biomasse pouvant utiliser les formulations de Schaefer (1954)¹⁰³, de Fox (1970)¹⁰⁵ et de Pella-Tomlinson¹⁰⁴ (équation 3).

$$(3) \quad SP_t = \frac{r}{m-1} B_t \left(1 - \left(\frac{B_t}{K} \right)^{m-1} \right),$$

SP_t : production en surplus au temps t , r : taux de croissance intrinsèque, m : paramètre de la relation de stock recrutement (si $n = 2$, la relation devient une relation de Schaefer), K : capacité limite du milieu.

Son approche bayésienne permet d'utiliser des priors informatifs ou non pour différents paramètres d'histoire de vie tels que r (taux de croissance intrinsèque) et K (capacité limite du milieu).

Table 1.7 - Paramètres d'histoire de vie du bulot utilisés pour les modèles de production ; r : taux de croissance intrinsèque, M/k ratio entre la mortalité de pêche et le paramètre k de la relation de Von Bertalanffy, L_{inf} taille asymptotique de la relation de Von Bertalanffy, L_{50} taille à laquelle 50% des individus sont matures.

r	M/k	L_{inf}	L_{50}
0.57 ¹⁰⁶	0.2/0.34 ⁵⁹	53 mm ⁵⁹	87.5 mm ⁵⁹

Éléments sur la biologie des bulots en Manche Est Mer du Nord : biométrie, maturité sexuelle, et régime alimentaire

En plus d'un diagnostic d'évaluation via des modèles DLS, la biologie des populations de bulot étudiées sur 4 zones identifiées d'intérêt, réparties le long du littoral de la zone considérée a été étudiée (Figure 1.5).

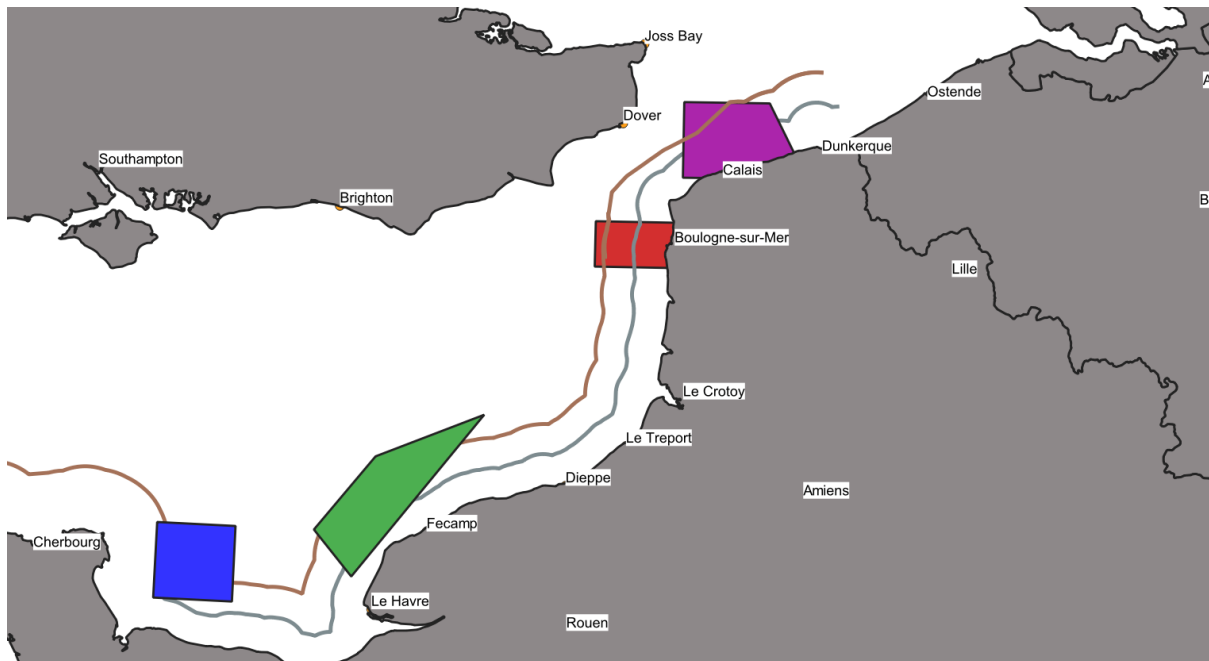


Figure 1.5 - Carte des 4 zones retenues pour l'étude des paramètres biométriques et biologiques du bulot en Manche Est - Mer du Nord (zone bleue : Baie de Seine, zone verte : Seine Maritime, zone rouge : Hauts-de-France - Boulogne, zone violette : Hauts-de-France - Calais)

L'objectif de cette partie est de comprendre les dynamiques biologiques des populations de bulots en Manche Est - Mer du Nord. Pour cela, des données de biométrie (structure de taille, ratio longueur-largeur), de biologie (analyse histologique de la gonade), et d'écologie (étude du régime alimentaire) seront analysées.

Un des points de prélèvement de Baie de Seine était en dehors de la zone bleue, les mesures associées ont donc été retirées des analyses.

Protocole de collecte des échantillons

Sur chaque zone, le même protocole a été appliqué. A chaque saison (le calendrier des prélèvements est présenté en Annexe 6), un prélèvement de la capture totale de 9 casiers répartis sur 3 filières différentes était réalisé par un observateur embarqué ou par le pêcheur lui-même.

Les numéros des filières à échantillonner sont sélectionnés aléatoirement entre la première et l'avant dernière filière qu'il est prévu de virer le jour du prélèvement.

Pour chaque filière sélectionnée, et sachant le nombre de casier dans la filière, les 3 casiers sont sélectionnés ainsi :

- pour le casier n°1, un numéro au hasard est sélectionné dans le premier tiers, à l'exclusion des 2 premiers casiers (Table 1.8)
- pour les casiers n°2 et 3, le numéro du casier 1 est additionné d'une constante K selon la table 1.8 ; casier n°2 = casier n°1+K ; casier n°3 = casier n°1+2K

Table 1.8 - Processus de sélection des casiers échantillonnés dans le cadre de MECANOR² en fonction du nombre de asier total dans la filière considérée

Nombre de casier par filière	Nombre de casiers retenus	Tirage aléatoire du premier casier entre ...	Constante K
60	56	3 et 18	K = 18
50	46	3 et 15	K = 15
40	36	3 et 12	K = 12

Les échantillons sont conservés au froid avant d'être mesurés dans les 24 heures après le débarquement.

Données biométriques

La capture des 9 casiers est séparée en 2 parties : sous taille (inférieurs à 45 mm de longueur) et taille commerciale (supérieur ou égal à 45 mm de longueur). Ces 2 parties sont pesées et dénombrées. Le contenu des 3 casiers de la même filière est ensuite rassemblé afin de mesurer la totalité ou un échantillon de 250 à 300 individus de la capture : longueur, petite largeur et poids.

Dans le but de comparer le ratio longueur-largeur entre les zones considérées ici et la Manche Ouest, des données issues des différents suivis du SMEL ont été utilisées. En effet, la taille minimale de capture des bulots est de 45 mm de hauteur. Or, le tri à bord se fait par la largeur dans des grilles de tri dont l'écartement des barrettes a été fixé à 22 mm. La largeur des bulots de 45 mm et moins doit alors être inférieure à 22 mm.

Détermination des stades de maturité sexuelle : analyse histologique de la gonade

Sur chaque zone (Figure 1.5) et à chaque date, 30 individus par classe de longueur de coquille (Annexe 7) ont été collectés aléatoirement.

Des mesures biométriques (Annexe 8) ont été réalisées. En se basant sur la présence ou non d'un pénis, 10 femelles et 10 mâles ont été choisis aléatoirement pour l'analyse histologique.

La masse viscérale des animaux a été séparée de la masse musculaire du pied et sectionnée transversalement selon l'axe passant par la columelle (Figure 1.6).

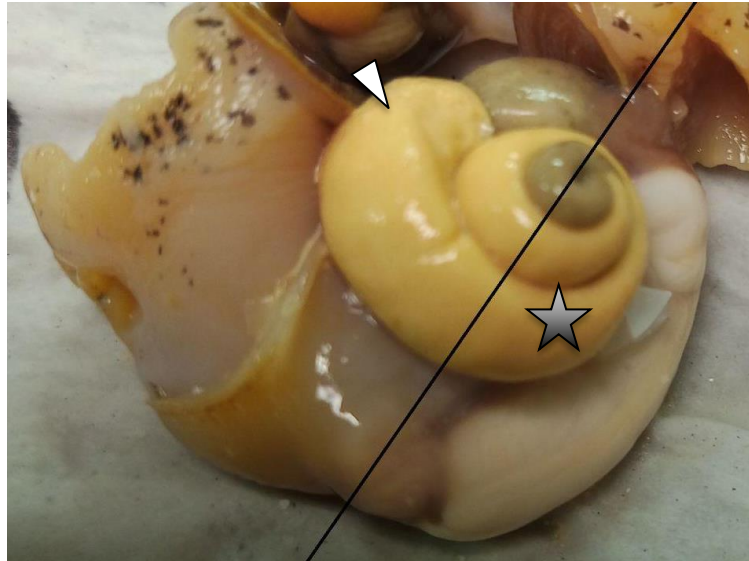


Figure 1.6 - Axe de coupe (trait noir) de la masse viscérale des bulots mâles et femelles. La pointe de la flèche indique la position approximative de l'estomac. * indique la 1/2 spire utilisée pour l'analyse histologique (crédit photo : @Anaïs Roussel)

Chaque demi-spire a été ensuite individualisée dans une cassette d'histologie et fixée dans une solution de Davidson (10 % glycérol, 20 % formaldéhyde, 30 % éthanol 95 %, 30 % eau de mer stérile) pendant 48 h. Les échantillons sont ensuite transférés dans l'éthanol 70%. Pour leur inclusion paraffine, les échantillons ont été déshydratés dans des bains d'éthanol en concentrations croissantes et inclus dans la paraffine. Une section transversale de 3 μ m a été réalisée pour tous les animaux. Cette section a ensuite été colorée en utilisant la méthode du trichrome Prenant-Gabe ¹⁰⁷.

La détermination du sexe et du stade de gamétogenèse est basée sur l'observation microscopique de la gonade (Nikon Eclipse 80i couplé à une caméra Nikon DXM1200-C) en se basant sur les stades décrits par Heude-Berthelin et al. en 2011 ⁶¹. Chez les femelles, les stades sont identifiés de la façon suivante (Figure 1.7) :

- 0 = Pas de divisions observables dans les ovogonies ;
- 1 = Divisions observables dans les ovogonies et absence de vitellus dans les ovocytes ;
- 2 = Présence de grains de vitellus (colorés en rose) observables dans les ovocytes ;
- 3 = La gonade est remplie d'ovocytes chargés en vitellus.

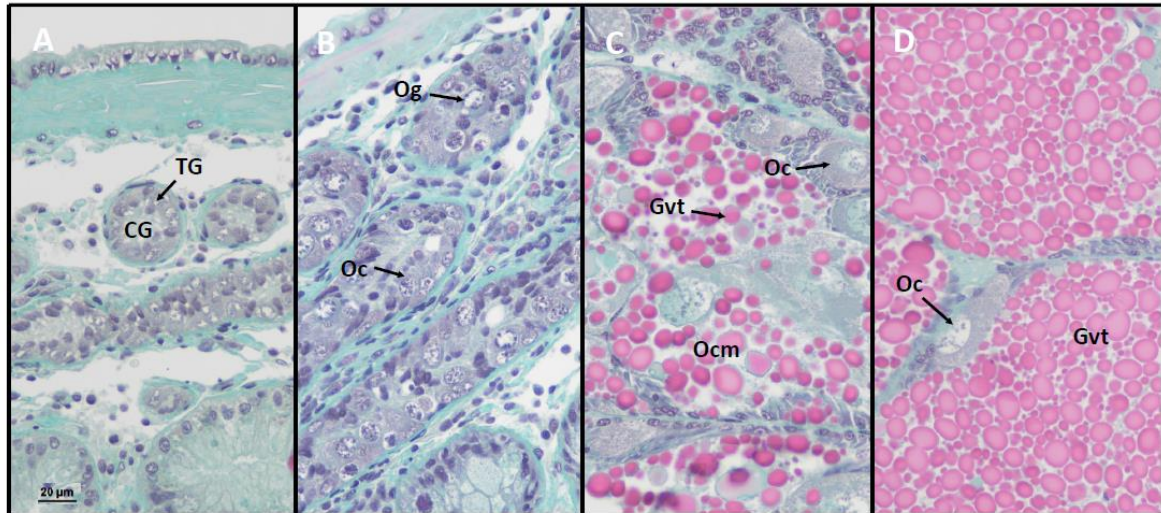


Figure 1.7 - Stades de gamétogenèse chez les bulots femelles avec : A = Stade 0 ; B = stade 1 ; C = Stade 2 ; D = Stade 3 ; TG = Tubule gonadique ; CG = Cellule germinale ; Oc = Ovocyte ; Og = Ovogonie ; Ocm = Ovocyte mature ; Gvt = Grains de vitellus

Chez les mâles, les stades sont identifiés de la façon suivante (Figure 1.8) :

- 0 = Pas de divisions observables dans les spermatogonies ;
- 1 = Divisions observables dans les spermatogonies ;
- 2 = Présence de l'ensemble de la lignée cellulaire mâle jusqu'aux spermatozoïdes exclus ;
- 3 = Présence d'îlots de spermatozoïdes.

Dans ce dernier stade, la vésicule séminale, parfois visible sur la coupe, est alors chargée en spermatozoïdes.

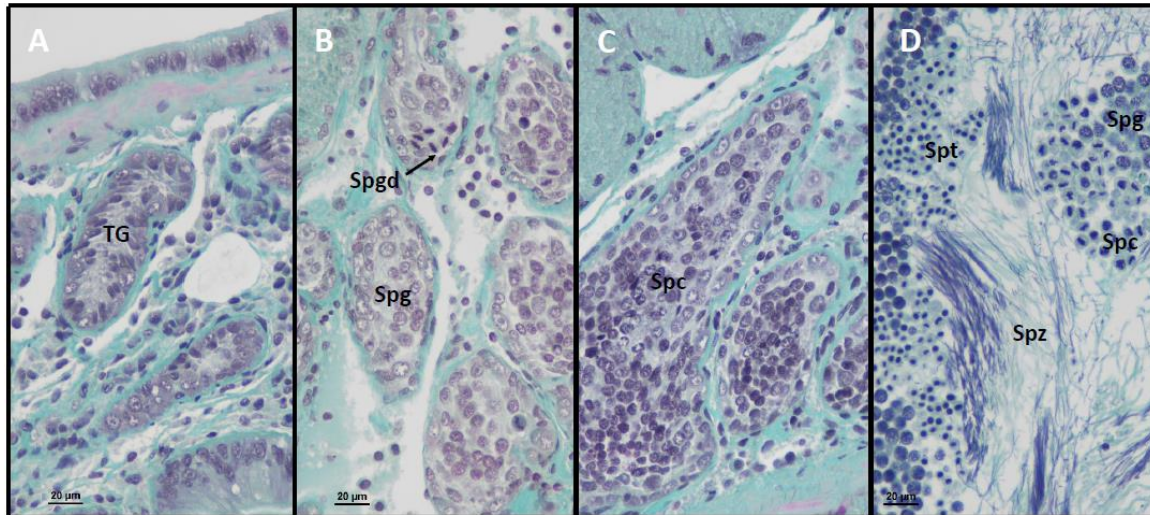


Figure 1.8 - Stades de gamétogenèse chez les bulots mâles avec : A = Stade 0 ; B = stade 1 ; C = Stade 2 ; D = Stade 3 ; TG = Tubule gonadique ; Spg = Spermatogonie ; Spgd = Spermatogonie en division ; Spc = Spermatocyte ; Spt = Spermatide ; Spz = Spermatozoïdes

Pour les deux sexes, le stade 0 est le stade de repos sexuel. Pour ce stade 0, la gonade étant limitée à quelques rares tubules contenant très peu de cellules, la détermination du sexe est parfois impossible. Les animaux sont alors notés comme « Indéterminés ». Le stade 3 est considéré comme le stade de maturité sexuelle.

Ecologie trophique

La partie privilégiée pour effectuer des études sur le régime alimentaire est le muscle. Cette partie met plus de temps à se régénérer et permet d'avoir une idée du régime alimentaire sur une période plus longue. De plus, le tube digestif peut avoir des éléments ingérés récemment qui pourraient perturber les résultats. Cette étude porte donc uniquement sur la poudre obtenue à partir des pieds de bulot qui ont été récupérés lors des dissections et individualisés dans des sachets clairement identifiés. Pour chaque zone, 5 individus ont été choisis aléatoirement dans 3 des classes de taille étudiées (la plus petite, une classe moyenne et la plus grande). Les échantillons sélectionnés ont ensuite été lyophilisés. Ce procédé permet d'enlever l'eau d'un produit congelé sans passer par un stade liquide. Cette étape se réalise dans des conditions de vide, le produit obtenu est alors lyophilisé. Cela permet de conserver la qualité de l'échantillon et de limiter au maximum la dégradation des échantillons et la prolifération de bactéries qui pourraient fausser les résultats.

A la fin de la lyophilisation, les individus ont été broyés dans un mortier en porcelaine, la poudre obtenue a ensuite été passée dans un vibro-broyeur à bille afin d'obtenir une poudre bien fine et homogène. Les échantillons ont ensuite été encapsulés sous forme de boulettes dans des capsules en étain. La masse d'échantillon pesée est d'environ 1000 µg à l'aide d'une balance de précision. Ces capsules ont ensuite été passées dans un spectromètre de masse couplé à un analyseur élémentaire (IRMS) pour obtenir la signature isotopique des individus. Dans le cadre de l'étude de l'écologie trophique d'une espèce, seuls les isotopes stables sont étudiés. Deux éléments chimiques ont été privilégiés, le carbone et l'azote.

Résultats

Pour l'ensemble des résultats suivants, les données utilisées correspondent aux données uniquement pour les marées ayant utilisé le casier à bulot comme engin de pêche (code FAO : FPO_MOL). Entre 2000 et 2022, il est l'engin principal responsable des captures de bulot en Manche (98.95%), et des captures de bulot en Manche Est Mer du Nord (98.29%) (Table 1.9). Le projet MECANOR² se focalise sur les dynamiques des métiers du casier, aussi il a été choisi dans le cadre de ce programme de ne tenir compte que des données correspondant à cet engin, qui est l'engin principal utilisé pour la pêche des bulots.

Table 1.9 - Proportion des 3 métiers principaux (codes FAO) responsables des captures de bulot en Manche (VIIe, VIId et IVc) et en Manche Est Mer du Nord (VIId et IVc) en termes de poids des captures et de marées, entre 2000 et 2022

	BULOT	
	Manche	MEMdM
% captures	FPO_MOL (98,95%)	FPO_MOL (98,29%)
	FPO_CRU (0,42%)	FPO_CRU (0,65%)
	FPO_CEP (0,23%)	GTR_DEF (0,34%)
% marées	FPO_MOL (87,72%)	FPO_MOL (78,59%)
	OTB_DEB (2,73%)	GTR_DEF (7,12%)
	GTR_DEF (2,49%)	OTB_DEF (4,98%)

La pêche de bulots : données sur l'exploitation

Captures

En Manche - Mer du Nord (zones CIEM VIIe, VIId, IVc), les captures de bulots des bateaux français s'élèvent à 12000 t en 2020. Cette valeur est relativement stable sur la période de 2000 à 2020, avec cependant deux minimums en 2000 et 2009 (8500 t et 8000 t) et des captures plus élevées en 2004 (14000 t) et entre 2015 et 2019 (valeur moyenne de 14500 t) (Figure 1.9).

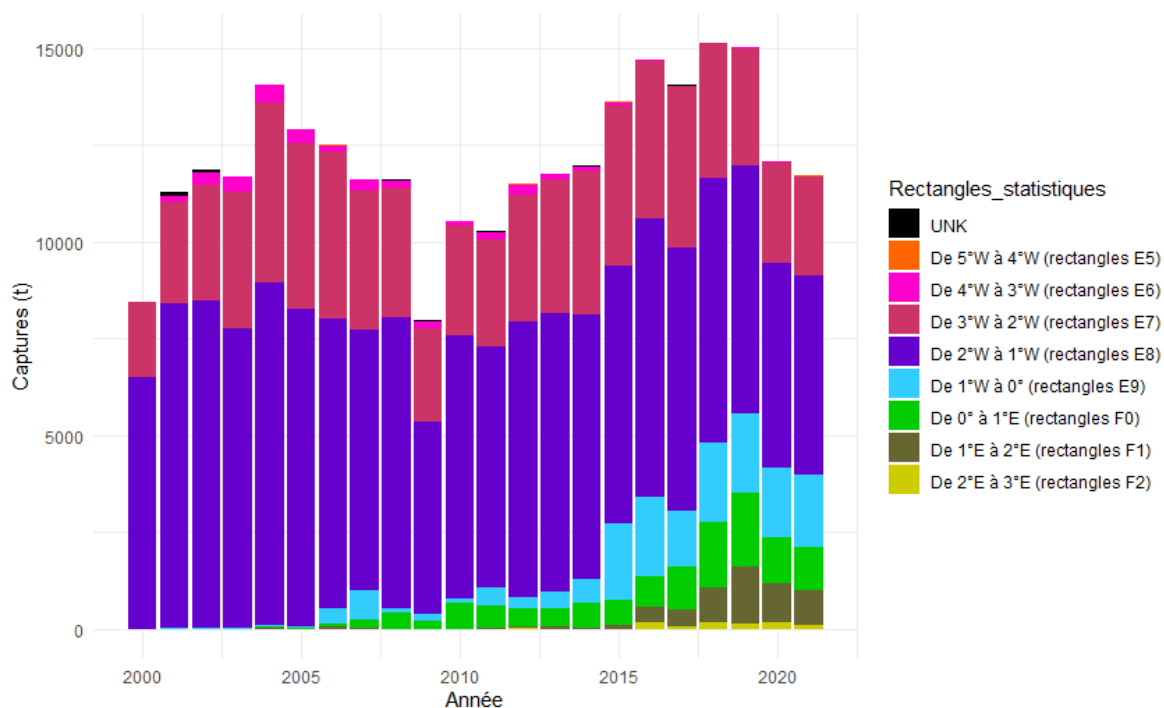


Figure 1.9 - Captures de bulot réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) en Manche entre 2000 et 2022 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

A l'échelle de la Manche Est - Mer du Nord, la valeur des captures augmente fortement sur la période considérée, de 1200 t en 2000 à 4900 t en 2020 (Figure 1.10).

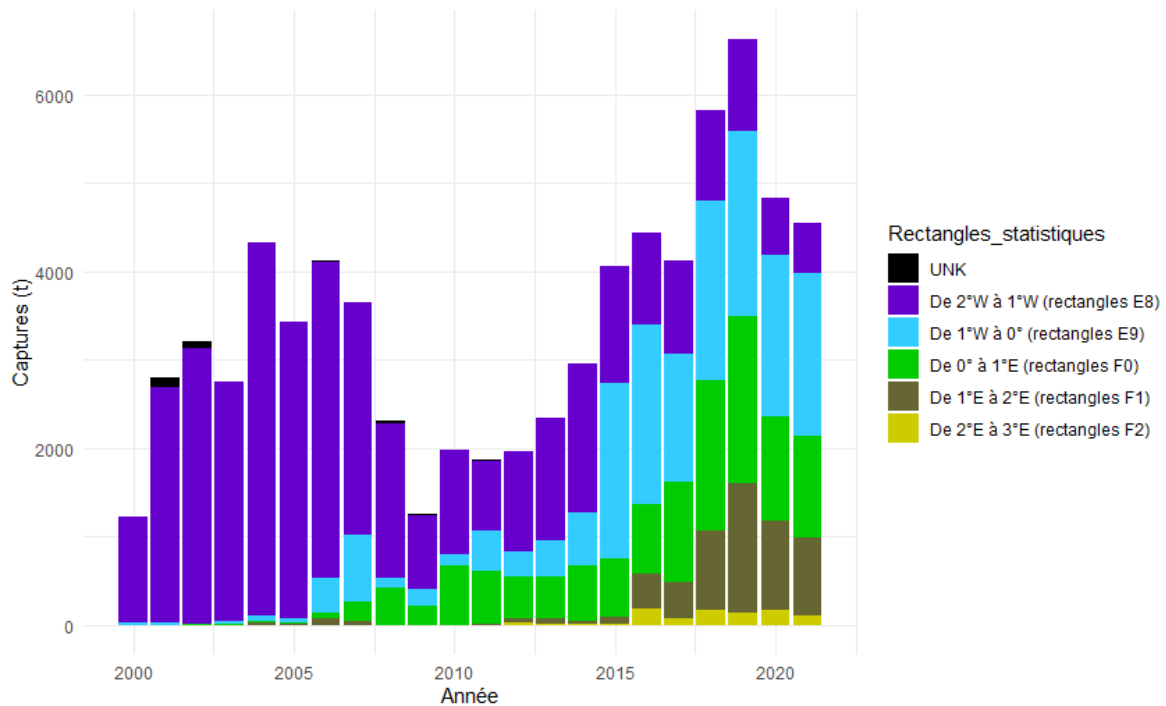


Figure 1.10 - Captures de bulot réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) en Manche Est - Mer du Nord entre 2000 et 2022 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

La capture totale de bulot en Manche Est - Mer du Nord est dominée à 99% par la Baie de Seine en 2000, qui ne représente plus que 40% des captures en 2020, bien que la capture totale y ait augmenté entre 2010 et 2020. Cette baisse, proportionnellement parlant, s'explique par l'émergence des pêcheries orientales en 2008 pour la Seine Maritime et en 2016 pour les Hauts-de-France, qui représentent 24% (Seine Maritime) et 14% (Hauts de France) des captures en 2020 (Figure 1.11).

La pêche du bulot se déroule toute l'année, et présente une coupure à la fin de l'été (Figures 1.12 à 1.14).

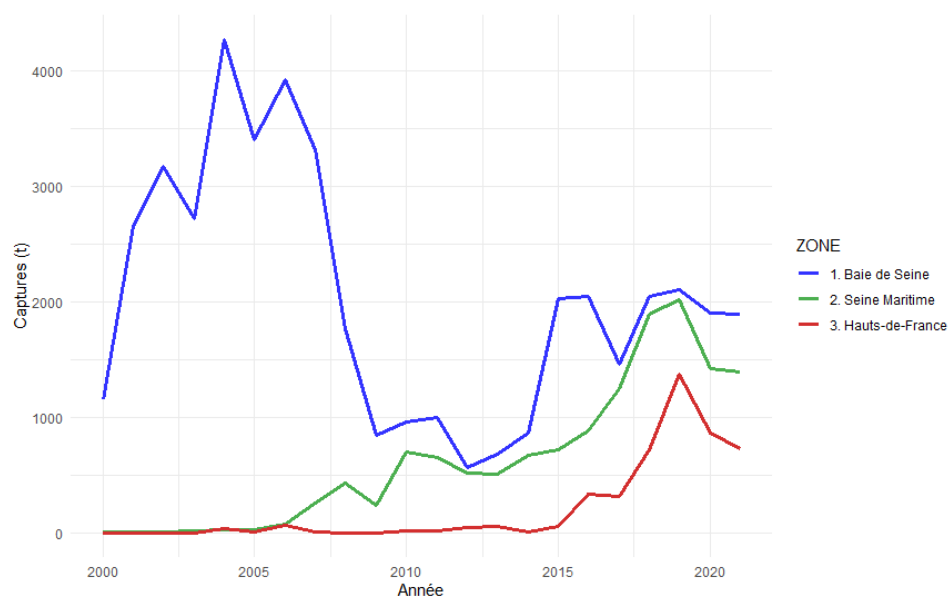


Figure 1.11 - Variation des captures de bulot en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert) et Hauts de France (rouge), données SACROIS

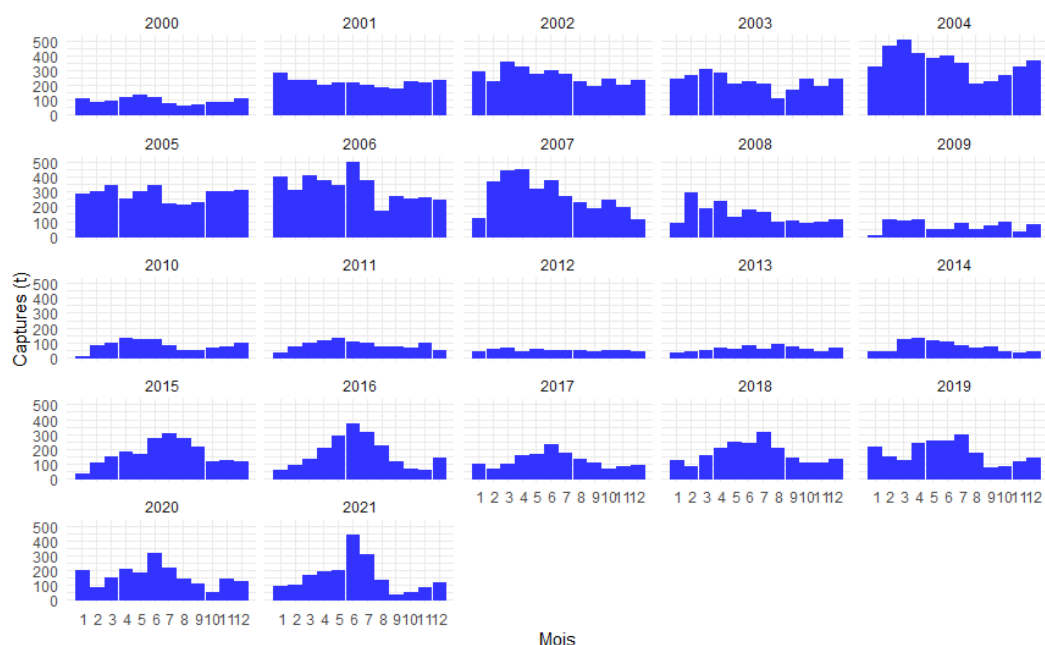


Figure 1.12 - Captures mensuelles de bulot en tonnes en Baie de Seine entre 2000 et 2021

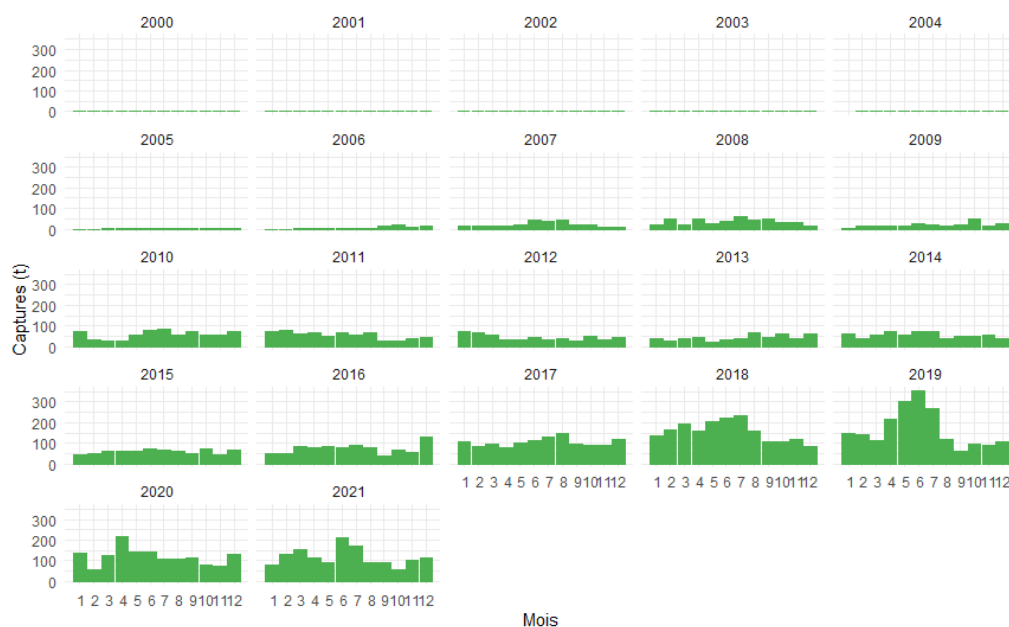


Figure 1.13 - Captures mensuelles de bulot en tonnes en Seine Maritime entre 2000 et 2021

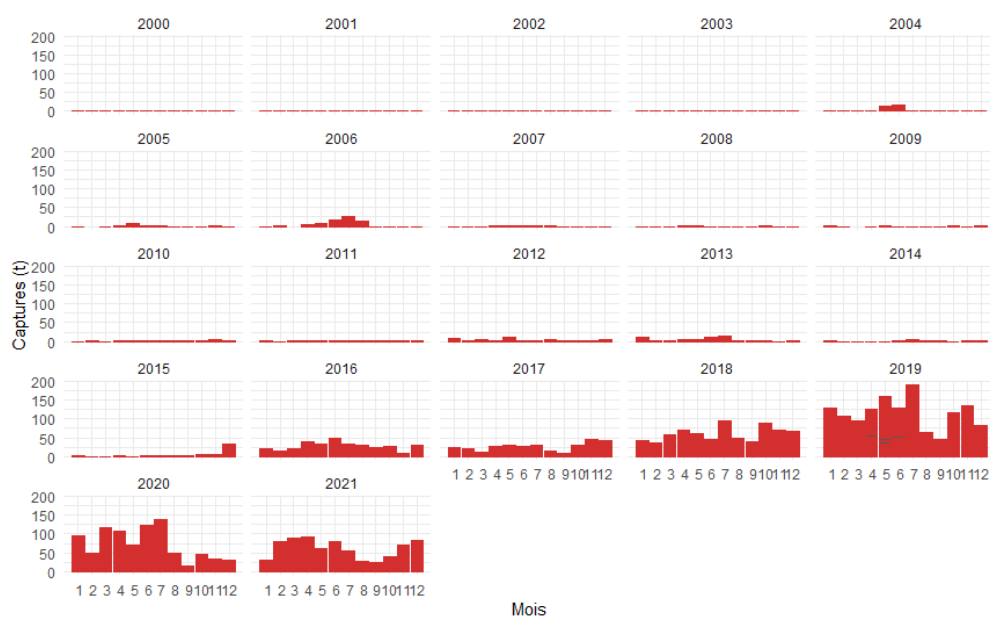


Figure 1.14 - Captures mensuelles de bulot en tonnes dans les Hauts-de-France entre 2000 et 2021

Effort

L'effort sur la base des calendriers d'activité n'intègre pas la variable "nombre de casiers". L'hypothèse a été faite que le nombre de casiers utilisés n'a que peu varié au cours de la période d'étude sur les zones considérées.

Sur la base de l'effort estimé par les calendriers d'activités, et corrigé par l'approche *glm* (Figure 1.15), on observe une augmentation du nombre total de jours de pêche pour les zones Seine Maritime et Hauts-de-France. A l'inverse, l'effort pour la zone Baie de Seine augmente de 2000 à 2006, avant de chuter entre 2007 et 2014 (11 600 à 3400 jours de pêche) pour se stabiliser autour d'une valeur intermédiaire depuis 2015 (4500 à 6400 jours de pêche).

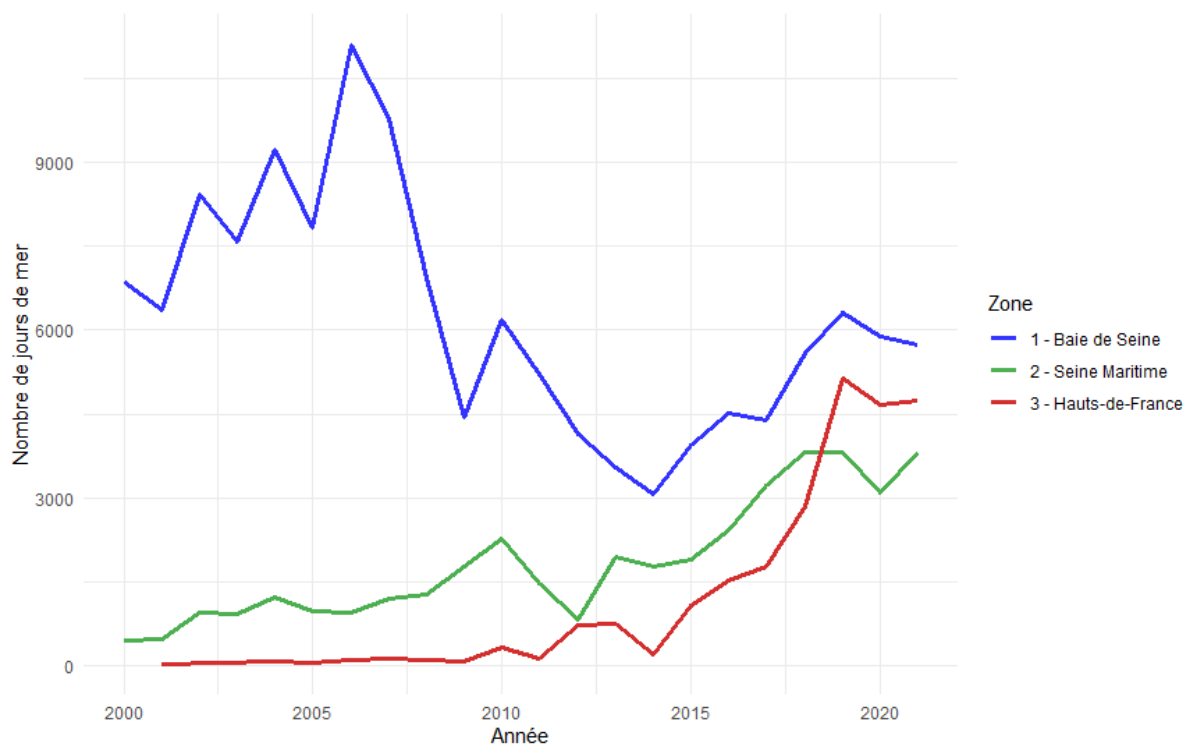


Figure 1.15 - Variation de l'effort de la flottille bulot en nombre de jours de mer de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert) et Hauts de France (rouge), données corrigées via l'approche *glm*

CPUE

Les CPUE sur la base des calendriers n'intègre pas la variable "nombre de casiers". Cela implique deux biais potentiels :

- Au sein d'une même zone les CPUE peuvent sembler stables, tandis que l'effort en termes de nombre de casiers augmente menant à une surestimation des CPUE, ou diminue menant à une sous estimation des CPUE.
- Entre zones, les mesures de gestion respectives peuvent autoriser l'usage d'un nombre différent de casiers. Cela limite la comparaison des valeurs brutes d'effort et de CPUE entre les zones.

L'hypothèse a été faite que le nombre de casiers utilisés n'a que peu varié au cours de la période d'étude sur les zones considérées.

En Baie de Seine, on observe une chute du CPUE de 2004 à 2009 (de 480 kg par jour de mer à 150 kg), suivie d'une augmentation de même ampleur de 2012 à 2015 (de 100 kg à 480 kg) et d'une nouvelle chute de 2015 à 2020 (de 480 kg à 300 kg).

En Seine Maritime le signal est plus stable. L'émergence de la pêche en 2007 est suivie d'une augmentation de CPUE jusqu'en 2012 (500 kg par jour de mer). Les CPUE fluctuent par la suite entre 350 et 500 kg par jour de mer de 2012 à 2020.

Pour les Hauts de France, l'apparition tardive de la pêche vers 2016 mène à une augmentation des valeurs de CPUE de quasiment 0 à presque 200 kilos par jour de mer en 2020. Avant l'émergence d'une pêche dédiée, le CPUE correspond au report de captures accessoires, entraînant une sous-estimation des CPUE. Aussi, avant 2016 pour la pêche des Hauts-de-France, le signal n'est pas interprétable car il n'existait pas sur le territoire de pêche dédiée (Figure 1.16).

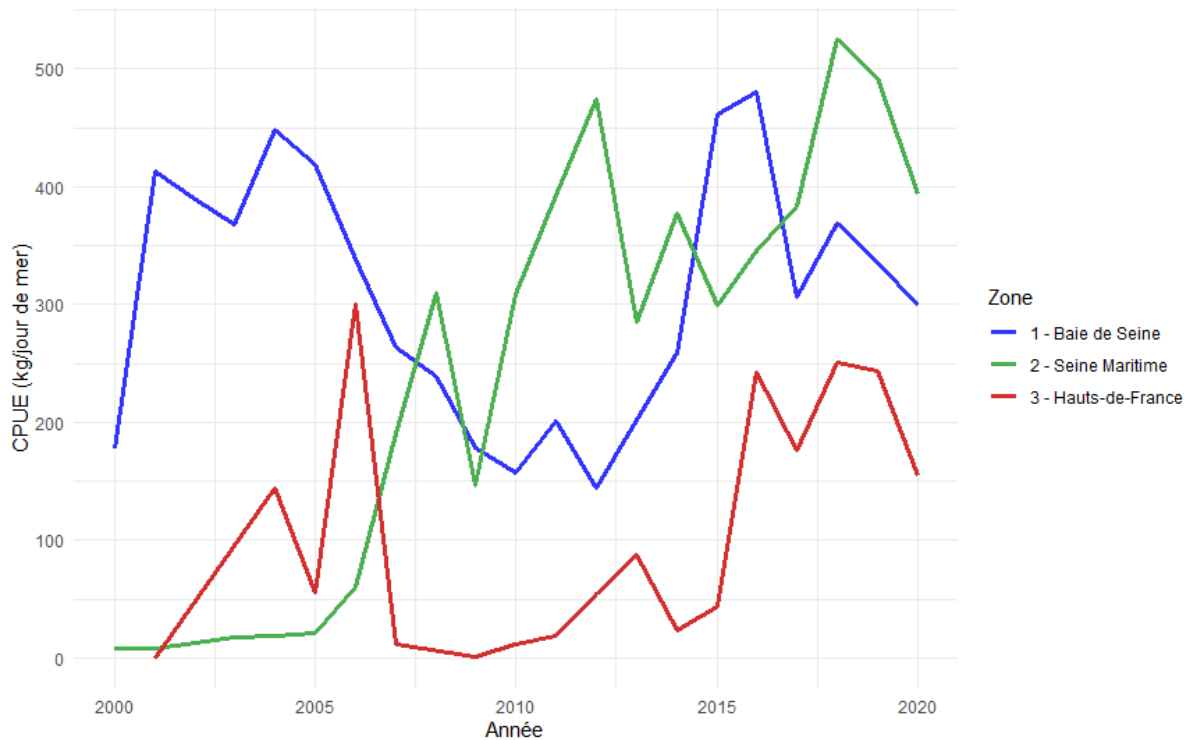


Figure 1.16 - CPUE en tonnes par jour de mer calculées sur la base du croisement des données de capture SACROIS corrigées et des données d'effort estimées sur la base des calendriers d'activité et corrigées par approche *glm*, en tonnes par jour de pêche, pour la Baie de Seine (bleu), la Seine Maritime (vert) et les Hauts-de-France (rouge).

Modèles de production

Le détail des résultats de chacun des modèles de production correspondant à la numérotation présentée dans l'Annexe 6 sont disponibles dans l'Annexe 9. Des problèmes de convergences ont mené à l'exclusion de certains runs de JABBA. D'autres part, certains des runs de SPiCT présentent des problèmes de résidus, ils n'ont pas été exclus des récapitulatifs mais doivent cependant être considérés avec précaution. Du fait d'une plus grande multiplicité de modèles CMSY testés que de modèles SPiCT et JABBA les médianes estimées sont fortement influencées par les sorties de CMSY.

En Baie de Seine, la biomasse relative de bulot est estimée inférieure à la biomasse au rendement durable, avec une valeur médiane de $0.75 B_{MSY}$. A cette biomasse relative correspond une mortalité de pêche relative très légèrement inférieure à $1 F_{MSY}$.

En Seine Maritime et dans les Hauts de France la médiane des biomasses relatives est supérieure à $1.25 B_{MSY}$. En Seine Maritime la mortalité de pêche relative est inférieure à $0.75 F_{MSY}$, tandis que dans les Haut de France celle-ci dépasse $1.25 F_{MSY}$ (Figure 1.17).

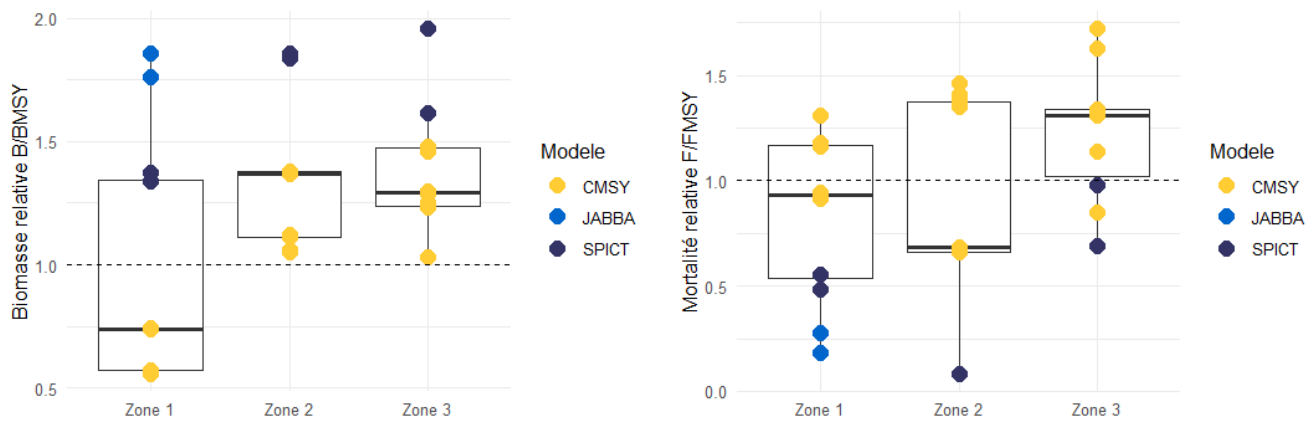


Figure 1.17 - Résultats de la sélection de modèle de production. La biomasse relative par zone à gauche (B/B_{MSY} , biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/F_{MSY} , mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Les kobe plot, retraçant l'évolution de ces 2 indicateurs B/B_{MSY} F/F_{MSY} dans les 3 zones considérées (Figure 1.18, 1.19 et 1.20) montrent cependant des résultats plus nuancés.

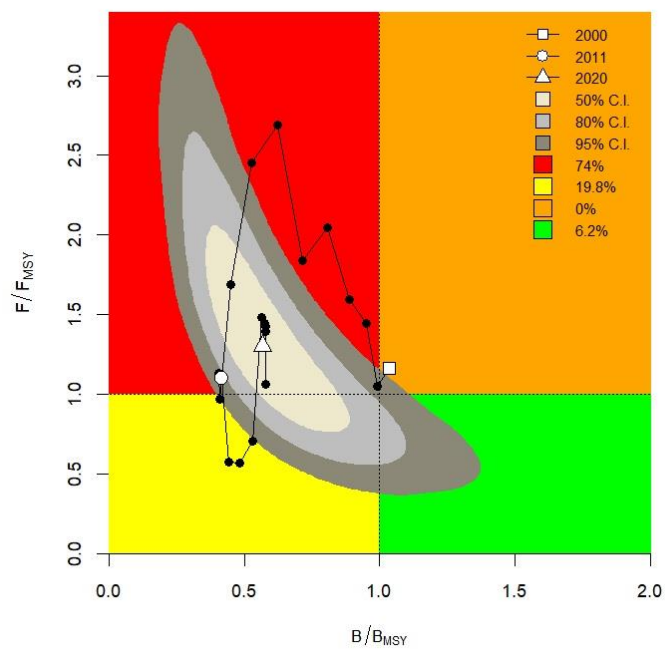


Figure 1.18 - Exemple de kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Baie de Seine entre 2000 et 2020

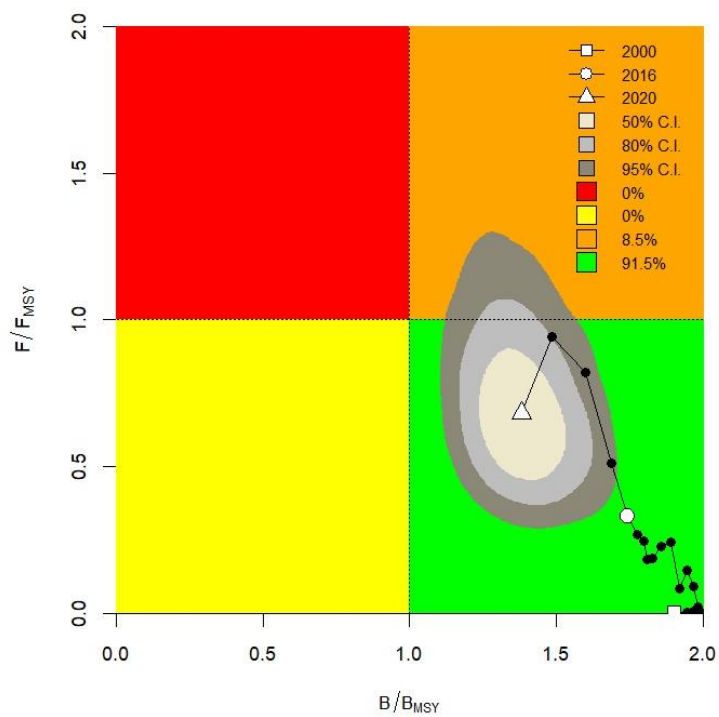


Figure 1.19 - Exemple de kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Seine Maritime entre 2000 et 2020

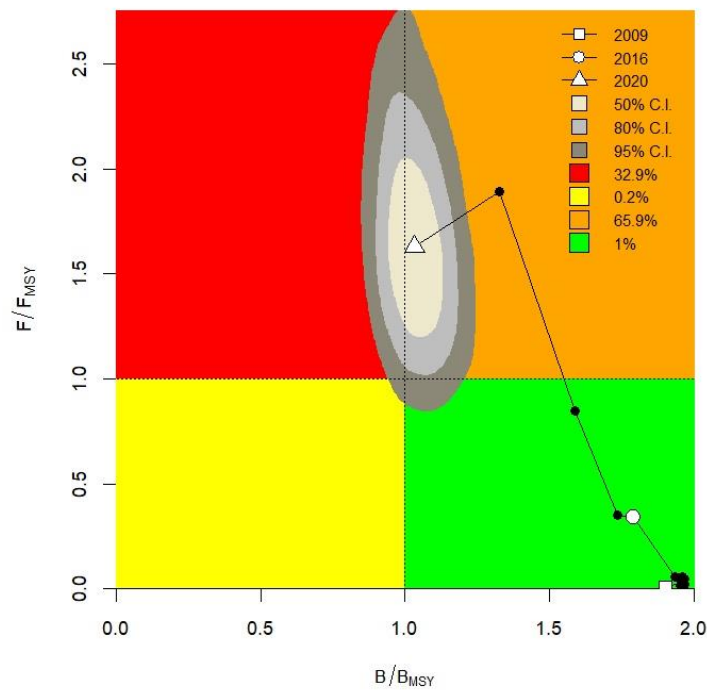


Figure 1.20 - Exemple de kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Hauts-de-France entre 2000 et 2020

En Baie de Seine, les niveaux de biomasse relative et de mortalité par pêche sur les dernières années sont stables. Cependant, les niveaux de biomasse sont faibles par rapport à la biomasse estimée au RMD, et les niveaux de mortalité médians estimés par l'ensemble des modèles sont égaux à la mortalité par pêche au RMD. En Seine Maritime, la tendance de la biomasse relative sur les dernières années est à la baisse, tandis que la mortalité par pêche relative augmente. Le stock est toujours situé dans la zone verte du graphique, et n'est donc pas considéré en surexploitation. En Hauts-de-France, la mortalité par pêche relative a fortement augmenté sur les 5 dernières années, et dépasse en 2020 1. Les niveaux de biomasse ont quant à eux baissé et atteignent 1 en 2020. Le stock est placé dans la zone orange d'alerte, car les niveaux de mortalité par pêche relative sont élevés. Il n'est pas considéré en surexploitation pour l'instant.

Éléments sur la biologie des bulots en Manche Est Mer du Nord : biométrie, maturité sexuelle, et régime alimentaire

Biométrie

Structure de taille et taille moyenne des captures

Au sein de chaque zone, la taille moyenne des captures présente une forte saisonnalité. De plus, pour chaque saison, les tailles moyennes entre les zones sont significativement différentes (Figure 1.21).

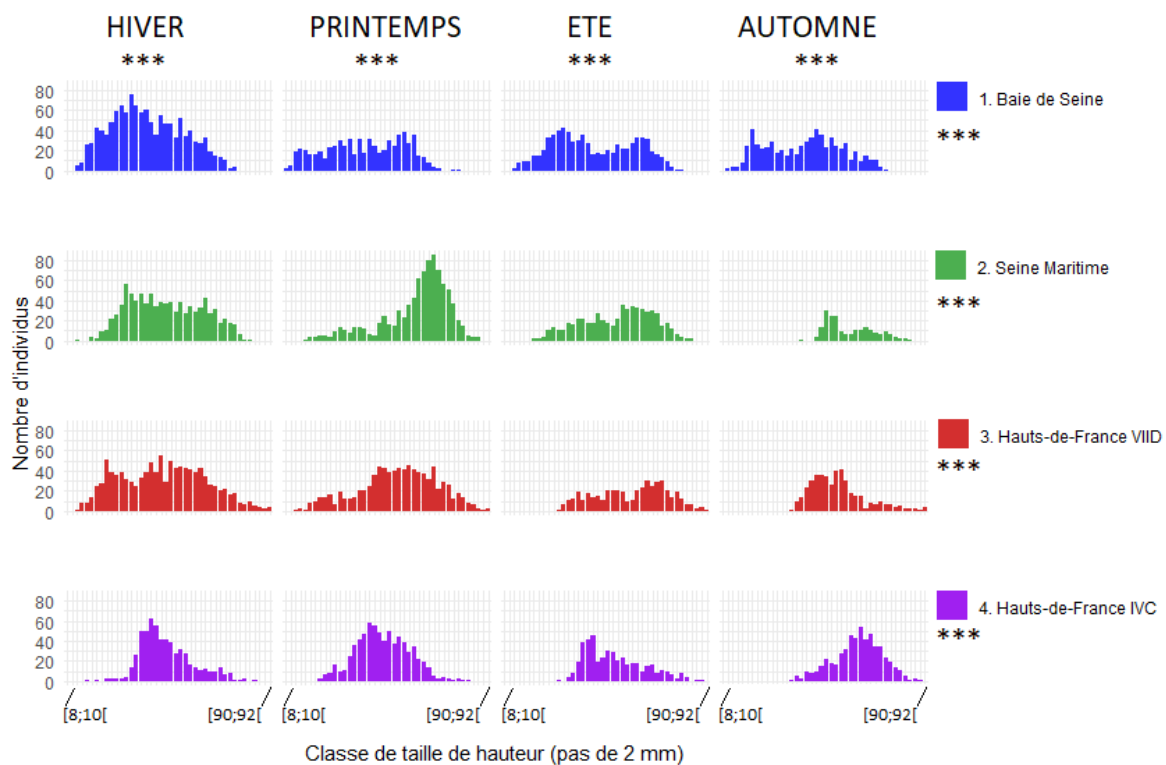


Figure 1.21 - Structure de taille, en nombre d'individus en fonction de classes de taille de pas de 2 mm, des captures de bulot issues des casiers échantillonnés dans le cadre de MECANOR² entre juin 2021 et mars 2022 pour les 4 zones considérées, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France VIId (rouge), Hauts-de-France IVc (violet).

Les étoiles indiquent si la différence entre la taille moyenne des bulots pour chaque zone en fonction de la saison ou pour chaque saison en fonction de la zone est significative ($p\text{-value} \leq 0$: '***' ; $p\text{-value} \leq 0.001$ '***' ; $p\text{-value} \leq 0.01$ '**' ; $p\text{-value} \leq 0.05$ '.' ; $p\text{-value} \leq 0.1$ ' ').

Plus globalement, les structures de taille regroupant l'ensemble des données issues des prélèvements MECANOR² sont significativement différentes entre les zones Baie de Seine

(41.20 mm), et les autres zones de Seine Maritime (55.68 mm) et des Hauts-de-France (respectivement 53.29 et 53.30 mm). En effet, on constate une surreprésentation de petits individus en Baie de Seine comparativement aux autres zones (Figure 1.22).

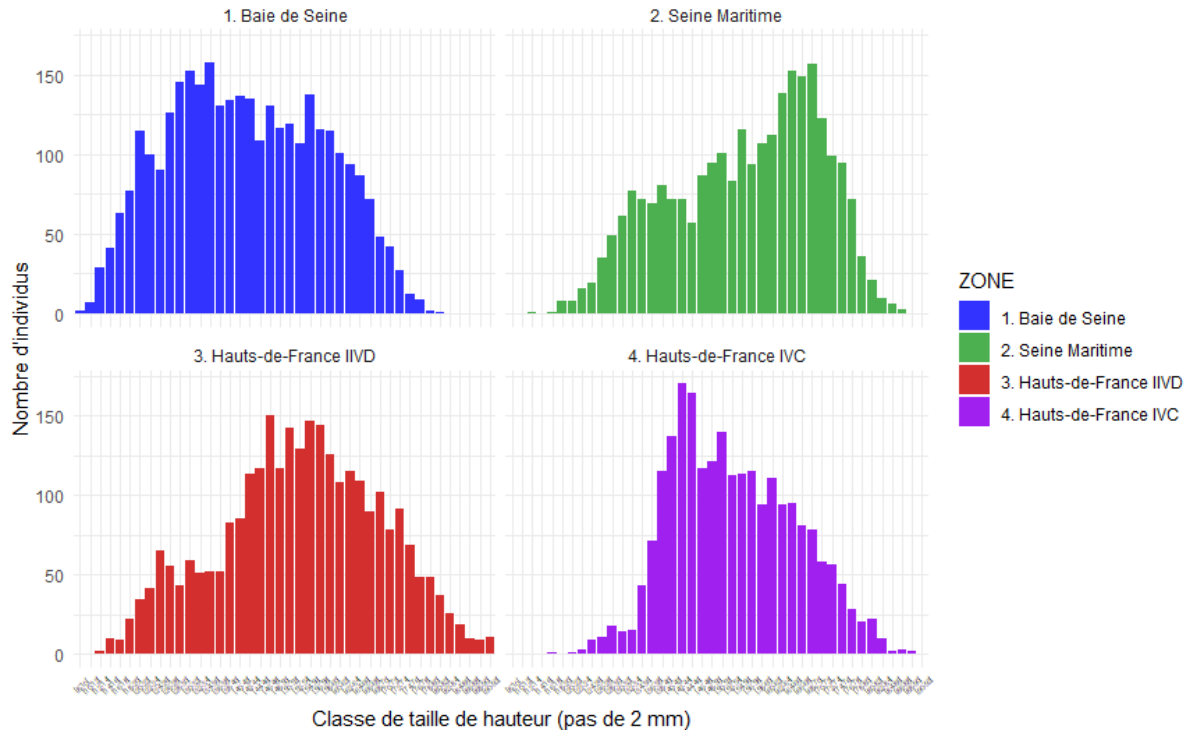


Figure 1.22 - Structure de taille des captures de bulot issues de la totalité des échantillons collectés dans le cadre de MECANOR² entre décembre 2020 et mars 2022 (voir Annexe 7 pour les dates et saisons des différents prélèvements)

Ratio longueur-largeur

Le ratio entre la hauteur (longueur) des bulots, en mm et la largeur, en mm, est linéaire et identique entre les zones de Manche Est - Mer du Nord, mais aussi par rapport à la Manche Ouest : les coefficients directeurs des régressions linéaires sont compris entre 0.39 et 0.43. De plus, les bulots rejetés, de largeur inférieure à 22 mm, font environ 50 mm de hauteur pour l'ensemble des zones (Figure 1.23 ; plots de diagnostic sur les résidus des régressions linéaires en Annexe 10).

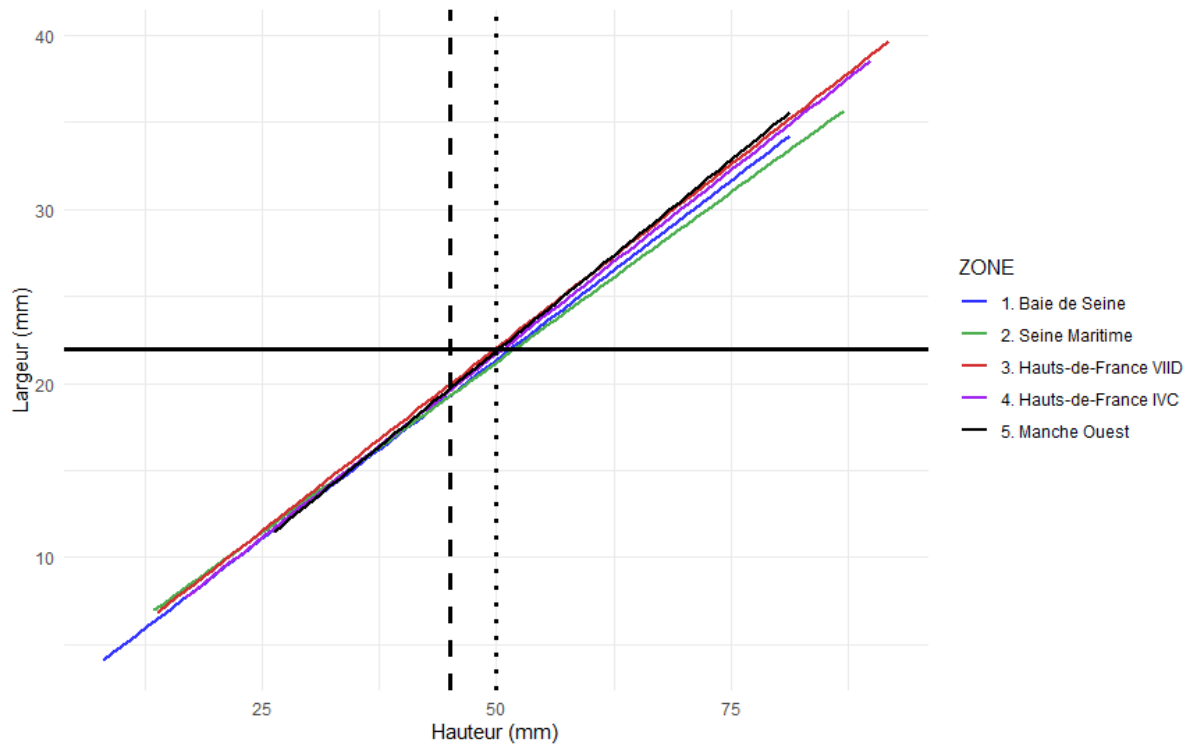


Figure 1.23 - Régression linéaire de la largeur des bulots (cm) en fonction de la hauteur (cm) pour les zones de Baie de Seine, Seine Maritime, Hauts-de-France VIID et IVC (données MECANOR²), et de Manche OUEST (données SMEL 2008-2015). La ligne horizontale a une coordonnée de 22 mm, Les lignes verticales ont des coordonnées de 45 et 50 mm de hauteur (respectivement ligne en trait successifs et en pointillés)

Détermination des stades de maturité sexuelle : analyse histologique de la gonade

Les observations microscopiques ont permis de déterminer les stades de gamétogenèse pour chaque individu dans chaque classe de longueur de coquille. Les résultats obtenus sont décrits en Figures 1.24. Les sites sont indiqués de la façon suivante : Site 1 : Baie de seine ; site 2 : Seine Maritime ; site 3 : Hauts de France-Boulogne ; site 4 Hauts de France-Calais.

Suivi de la gamétogenèse sur les sites

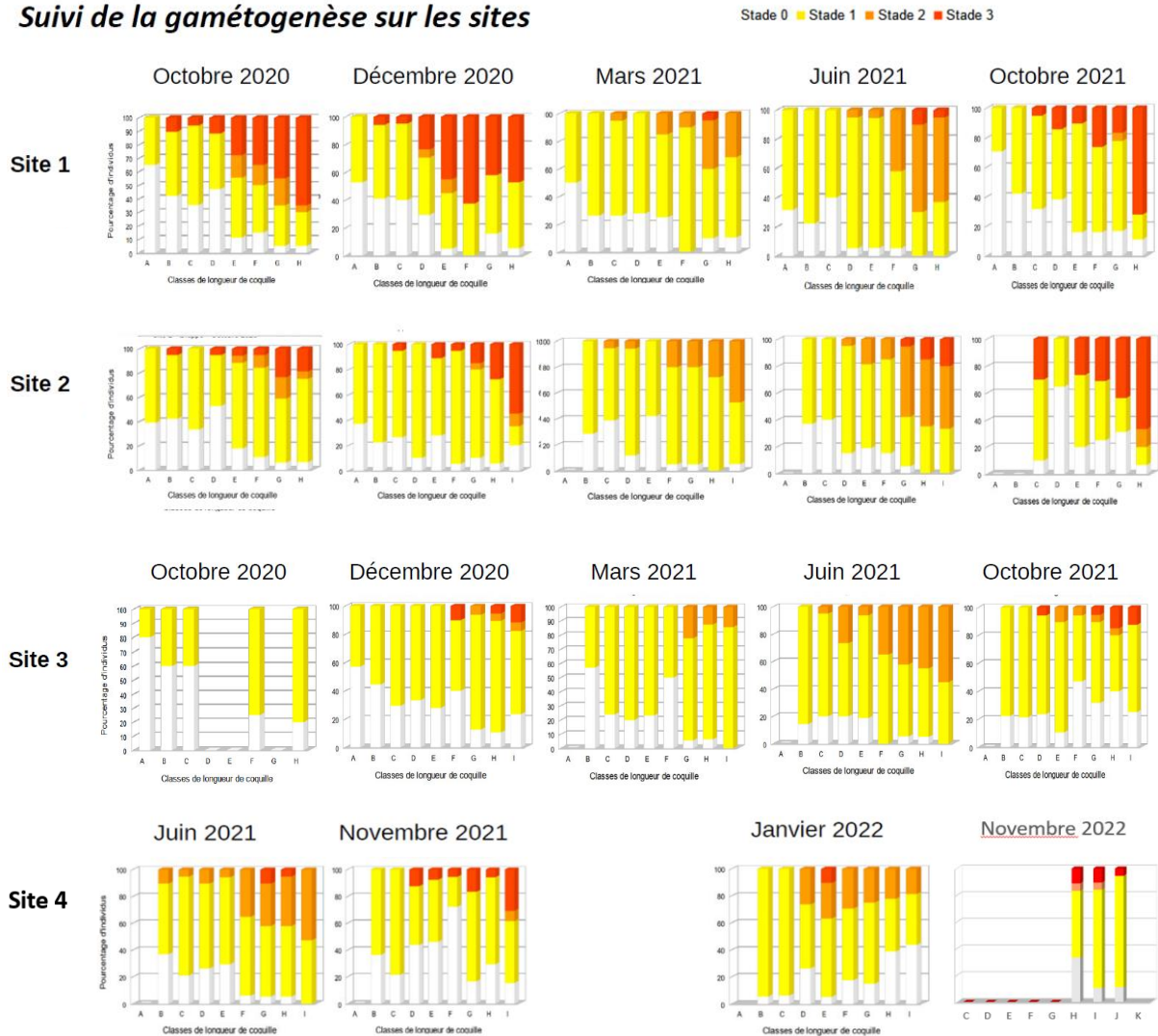


Figure 1.24 - Répartition des stades de gamétogenèse de *Buccinum undatum* pour les classes de longueur de coquille, d'octobre 2020 à janvier 2022 dans les 4 sites (1 : Baie de Seine ; 2 : Seine Maritime ; 3 : Hauts de France Boulogne ; 4 : Hauts de France-Calais). Les stades sont déterminés sur la base de l'analyse histologique, sans distinction de sexe.

De nettes différences sont observées selon le site et la période de l'année. De manière générale, quelle que soit la date, plus la longueur de coquille est grande, plus les individus présentent des stades de maturité importants. Sur le site 1 (Baie de Seine), le plus fort pourcentage de stade 3 est observé en octobre et décembre. La ponte a eu lieu entre décembre et Mars et une nouvelle gamétogenèse est initiée au printemps. Pour le site 2 (Seine Maritime), le profil est sensiblement identique, avec une maturité sexuelle observée entre octobre et décembre pour les 2 années de suivi. L'analyse de ces données aux périodes de maturité sexuelle permet de déterminer approximativement la L50, c'est-à-dire la longueur

pour laquelle 50% des buccins parviennent à maturité sexuelle. Les résultats sont illustrés en Figure 1.25.

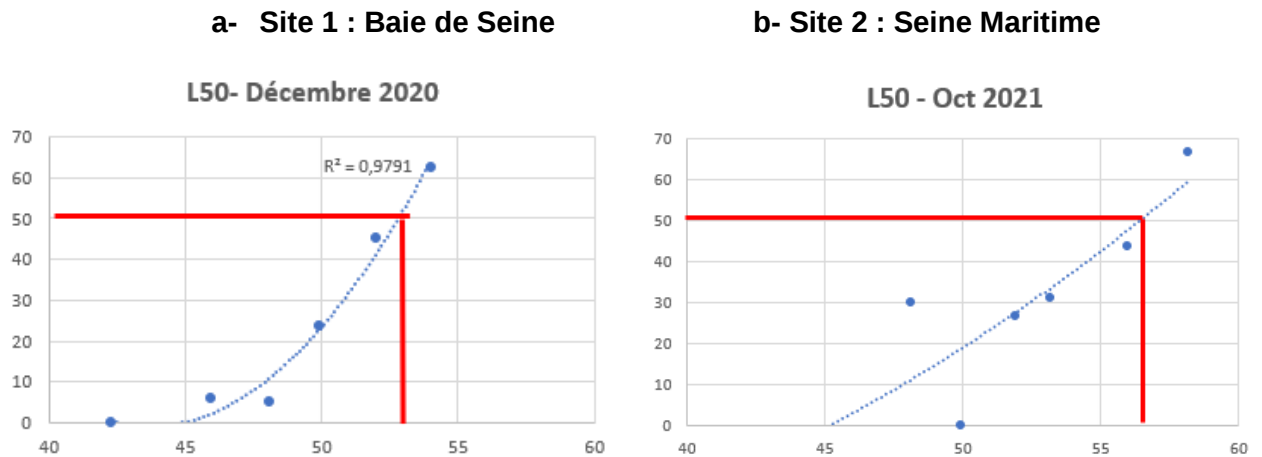
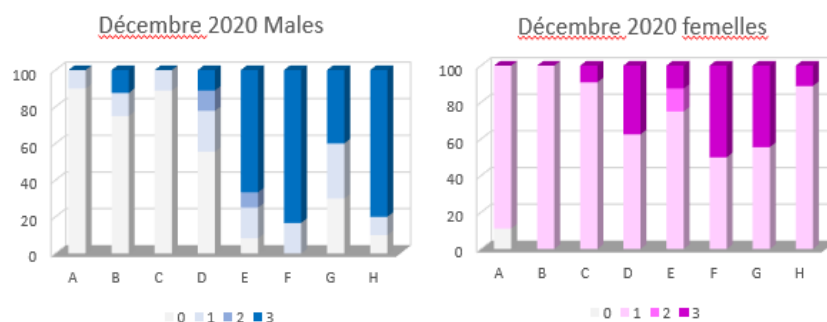


Figure 1.25 – Estimation des longueurs associées à 50% de maturité sexuelle en décembre 2020 (54 mm) pour le site 1 (Baie de Seine) (a), en octobre 2021 (57 mm) pour le site 2 (Seine Maritime) (b).

Ces 2 graphiques montrent une augmentation nette de la taille pour laquelle 50% des animaux atteignent la maturité sexuelle entre ces 2 premiers sites, en effet, la L50 est autour de 54mm sur le site de Baie de Seine, elle est de 57mm dans la zone 2 (Seine Maritime).

Les profils de maturité sexuelle peuvent enfin être comparés entre buccins mâles et femelles. Ces données sont présentées en Figure 1.26. Elles montrent que les mâles atteignent la maturité sexuelle à une taille moyenne inférieure à celle des femelles, conformément à ce qui avait été observé sur la côte Ouest du Cotentin.

a- Site 1 : Baie de Seine



b- Site 2 : Seine Maritime

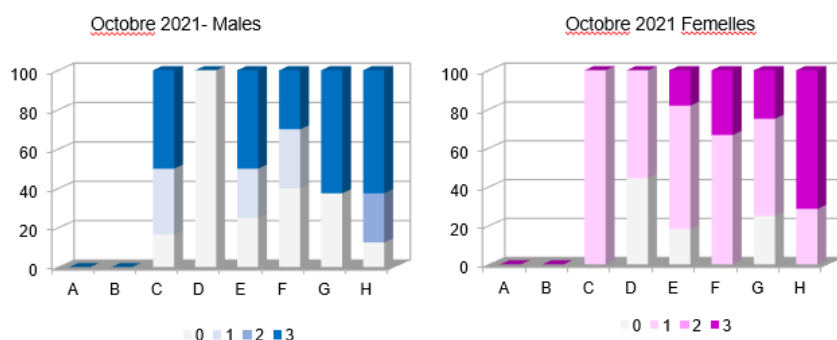


Figure 1.26 - Profil de maturité des mâles et des femelles par classe de taille pour les sites 1 (Baie de Seine) et 2 (Seine Maritime) en période de maturité sexuelle.

Pour les Sites 3 et 4 des Hauts-de-France en revanche, très peu d'individus matures ont pu être observés dans les classes de tailles retenues (jusqu'à 61 mm). Ce trop faible effectif de maturité dans les classes de taille suivies ne permet pas de décrire précisément le cycle de gamétogenèse. Un dernier prélèvement a été réalisé en novembre 2022 avec des classes de taille allant jusqu'à 65mm de longueur de coquille. Bien que ciblant des classes de taille très supérieures à celles collectées sur les autres sites, ce point d'analyse n'a pas permis d'obtenir 50% de maturité sexuelle quelle que soit la classe de taille considérée. Cette donnée montre que le cycle de gamétogenèse et la maturité des bulots dans les Hauts de France diffèrent sensiblement de ce qui est observé sur les autres sites.

Ecologie trophique

L'objectif de cette partie était de caractériser le comportement trophique du bulot et de déterminer si l'utilisation des isotopes stables comme traceur trophique permettait non seulement de discriminer les différentes populations (i.e. Baie de Seine, Seine maritime et Hauts de France) mais aussi de détecter des différences de comportement alimentaire ou de niveau trophique. Seuls 3 sites ont été analysés, au vu des premiers résultats obtenus l'étude du second site des Hauts de France (zone violette, Figure 1.5) n'a pas été jugée nécessaire. Pour chacune des dates et chacun des sites analysés aucune différence n'a été observée

entre les 3 classes de taille analysées (ca. 45mm, 50mm et 55mm). L'ensemble des classes de taille analysée dans ce projet correspond à des adultes qui présentent le même comportement alimentaire de carnivore nécrophage opportuniste et qui doivent se nourrir sur le même type de proies ce qui explique l'absence de différence observée en rapport avec les tailles étudiées. L'analyse de la signature isotopique des bulots n'a pas mis en évidence de variabilité saisonnière entre les différentes dates d'échantillonnages ni de variabilité spatiale entre les 3 sites étudiés (Figure 1.27).

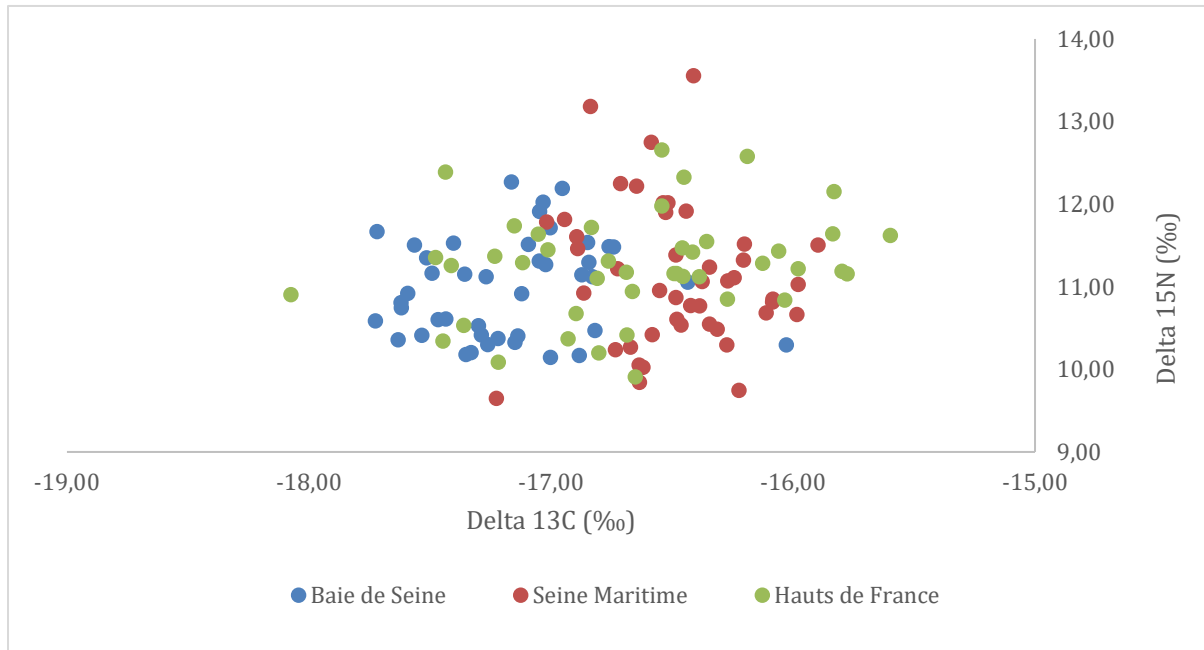


Figure 1.27 - Signatures isotopiques du carbone (Delta 13C) et de l'azote (Delta 15N) pour les 3 sites analysés : Baie de Seine, Seine Maritime et Hauts de France

Discussion

Le bulot est une espèce de plus en plus importante pour les navires de la façade maritime, tant en termes de niveaux de capture qu'en termes de valeur économique. Particulièrement, les quartiers maritimes de Fécamp et Boulogne-sur-Mer témoignent d'une activité importante et en augmentation sur le métier du casier à bulot. Sur les autres quartiers maritimes de la façade, cette activité est également importante depuis plusieurs années, tant au niveau des tonnages que de la valeur économique ⁸⁻²¹.

Sur les 3 zones considérées, les niveaux de capture et d'effort de pêche sont en augmentation (Figure 1.11 et 1.15), conduisant à des niveaux de CPUE (Figure 1.16) en augmentation les dernières années de la période considérée.

En Baie de Seine en 2020, les niveaux de mortalité par pêche relative sont situés autour de 1. Les niveaux de biomasse relative sont faibles, et inférieurs à 1 (Figure 1.17). En 2020, les niveaux de ces indicateurs indiquent que le stock est surexploité. De plus, si l'on considère l'évolution de ces indicateurs sur l'ensemble de la période considérée (Figure 1.18), la biomasse et la mortalité par pêche relative sont stables, mais la biomasse présente des niveaux très faibles. L'encadrement de la pêche de bulots en Baie de Seine ne concerne que la zone de 0 à 12 miles ^{92,93}. Il est probable que l'augmentation de l'effort de pêche ait eu lieu dans les années récentes à l'extérieur des 12 miles, dans la zone du large. Cette augmentation a conduit à des faibles niveaux de biomasse qui, bien qu'ils soient stables sur les dernières années, restent faibles et insuffisants pour assurer le bon renouvellement du stock. Il est donc nécessaire de mettre en place des réglementations régionales limitant l'essor de la pêche à l'intérieur des 12 miles, mais aussi de mettre en place une réglementation limitant l'essor de la pêche à l'extérieur des 12 miles pour prévenir un report de pêche si les mesures techniques des licences de pêche à l'intérieur des 12 miles venaient à se durcir. L'ensemble des mesures mises en place doit pouvoir permettre de reconstituer les niveaux de biomasse et reconstituer le potentiel reproducteur du stock.

De plus, la taille minimale de capture des bulots est fixée à 45 mm de hauteur ¹⁰⁸. Les grilles de tri permettent de trier les bulots selon leur largeur. L'écartement des barrettes de la grille est fixé à 22 mm permettant le tri de 99.5 % des bulots inférieurs à la taille minimale de capture, et de la plupart des bulots de taille inférieurs à 50 mm.

Cependant, la taille à première maturité des bulots en Baie de Seine est estimée à 54 mm en moyenne. Les bulots matures sont donc tous susceptibles d'être pêchés, empêchant ou limitant fortement le renouvellement du stock.

Enfin, une nuance est à apporter quant aux données de débarquement avant 2010 en Baie de Seine. En effet, les captures de bulot au début de la série temporelle (Figure 1.15) sont étonnamment élevées, puis que l'activité « bulot » en Baie de Seine a débuté en 2006, année de la mise en place d'une réglementation. Les professionnels de Baie de Seine ont également confirmé que l'activité « bulot » avant 2006 était faible sur cette zone. Il est possible que les données entre 7^e et 7d aient été confondues à cause d'un rectangle statistique à cheval sur les 2 zones. Il sera nécessaire de réaliser une enquête sur l'activité réelle des bulotiers de Baie de Seine sur la période 2000-2010, afin de corriger les données déclaratives qui semblent incorrectes.

En Seine Maritime, les niveaux d'exploitation en 2020 (Figure 1.17) montrent que le stock n'est pas surexploité. Cependant, l'évolution des deux indicateurs de l'état du stock, la biomasse et la mortalité par pêche relative, entre 2000 et 2020 (Figure 1.19), montrent que dans les dernières années, la mortalité par pêche a connu une forte augmentation, entraînant une baisse de la biomasse. Si le stock n'est pas encore considéré en surexploitation, il est probable que, au vu de l'augmentation de la mortalité par pêche et de la baisse de la biomasse dans les années récentes, il soit considéré en surexploitation dans les prochaines années. Aussi, il semble nécessaire de prendre des mesures de limitation de l'augmentation de l'effort de pêche maintenant pour éviter que le stock ne se retrouve dans une situation critique. De même que pour la Baie de Seine, il existe une pêche à l'intérieur des 12 miles encadrée par la licence de pêche. Les bateaux peuvent également pratiquer la pêche des bulots à l'extérieur des 12 miles où la pêche n'est plus encadrée par les mesures techniques de la licence "bulot" du CRPMEM Normandie.

De plus, la taille à maturité des bulots de Seine Maritime a été estimée dans le cadre de ce projet à 56 mm dans le cadre de ce projet. Tous les bulots matures sont donc susceptibles d'être pêchés, et le stock de géniteurs n'est pas protégé. Si les niveaux de mortalité par pêche augmentent, la biomasse de reproducteurs en sera réduite, et le renouvellement du stock mis à mal. Aussi, des mesures sont nécessaires aujourd'hui afin de limiter l'essor de l'effort de pêche, à l'intérieur comme à l'extérieur des 12 miles en Seine Maritime.

Dans les Hauts-de-France, la situation du stock en 2020 est encore différente des 2 autres zones. La mortalité par pêche est supérieure à la mortalité par pêche au RMD, mais la biomasse est encore supérieure à la biomasse estimée au RMD (Figure 1.17). En effet, la mortalité par pêche sur les 5 dernières années a fortement augmenté, et la biomasse a également fortement diminué (Figure 1.20). Même si les niveaux de biomasse restent satisfaisants en 2020, la mortalité par pêche est plus élevée que la mortalité par pêche estimée au RMD. De plus, si les niveaux d'exploitation restent les mêmes, la tendance à la baisse de la biomasse met à fort risque de surexploitation le stock de bulots des Hauts-de-

France. Le stock est d'ores et déjà dans la zone d'alerte orange (Figure 1.20) en raison d'une mortalité par pêche trop élevée. Il sera alors important de limiter rapidement l'augmentation de l'effort de pêche, voire de réduire les modalités d'exploitation de ce stock afin de conserver les niveaux de biomasse actuels, voire de les augmenter, et de réduire la mortalité par pêche. De plus, il n'a pas été possible dans le cadre de ce projet de déterminer la taille à maturité moyenne des bulots en Hauts-de-France. Il est fort probable que celle-ci soit supérieure aux classes de taille étudiées dans le cadre de projet, soit supérieure à 65 mm. Tous les géniteurs sont donc susceptibles d'être pêchés, augmentant ainsi le risque de mauvais renouvellement du stock. Comme dans les zones de Baie de Seine et de Seine Maritime, des mesures de réduction de l'effort de pêche et de protection des géniteurs seraient nécessaires pour protéger les stocks de bulots, et de reconstruire ou conserver des niveaux de biomasse suffisants. Les différences observées entre les tailles à maturité peuvent être expliquées par la température de l'eau qui a un impact sur la gamétogenèse ^{24,55,63}, ou encore par l'effet de la pression de pêche sur les traits de vie des populations, qui entraînera la baisse de la taille à maturité. Par lecture des opercules des bulots analysés, il a été montré qu'il n'y avait pas de différences de croissance entre les bulots de Baie de Seine, Seine Maritime et Hauts-de-France. D'autres paramètres environnementaux pourraient expliquer les fortes différences dans la taille à maturité, mais restent cependant à déterminer dans des travaux futurs.

Au vu des niveaux d'exploitation, des caractéristiques de la flottille et des résultats des diagnostics très différents, il semble préférable de considérer les 3 zones étudiées ici comme 3 zones distinctes de gestion. De plus, le bulot est un animal peu mobile et les niveaux d'exploitation locaux affectent le plus les populations locales. Aussi, pour cette espèce une harmonisation de la réglementation à l'échelle de la façade n'est pas souhaitable. Une gestion locale comme elle est en place actuellement est préférable, car plus adaptée aux conditions d'exploitation et caractéristiques des flottilles localement.

Considérant l'ensemble des éléments de diagnostic (séries temporelles de captures, effort, CPUE, biomasse et mortalité par pêche relative), ainsi que les caractéristiques biologiques notamment sur la taille à maturité et le cycle de reproduction, plusieurs mesures de réduction de l'effort de pêche et de protection des géniteurs peuvent être envisagées :

- instaurer un quota de captures quotidien, hebdomadaire, mensuel, annuel, ... plus faible
- fermer la pêche un jour dans la semaine
- réduire le nombre de casier par licence
- instaurer des périodes de fermetures (repos biologique, ...)
- instaurer des zones de "jachère"

- augmenter la taille de l'écartement des barrettes de la grille de tri
- ...

Chacune de ces solutions présente des avantages et inconvénients que les instances de décision devront jauger afin de choisir la solution qui permet d'assurer une baisse de la mortalité par pêche, le bon renouvellement de la biomasse sans pour autant mettre en péril la pérennité des entreprises de pêche de la zone considérée. De plus, l'instauration de mesures de gestion à l'extérieur des 12 miles pourra permettre de mieux limiter l'essor du métier du casier à bulot en Baie de Seine, et de mieux protéger le stock. Des mesures de réduction de l'effort de pêche sont déjà en place en Baie de Seine et Seine Maritime, à savoir la réduction du nombre de licences disponibles. Cependant, d'autres mesures sont nécessaires pour parvenir à reconstruire rapidement la biomasse du stock et assurer son bon renouvellement.

L'analyse de la maturité des buccins aux différentes dates de prélèvement sur les 4 sites n'a pas montré de différence majeure dans la saisonnalité du cycle de reproduction entre les 4 zones étudiées (Figure 1.25). Le pic de maturité est observé entre octobre et janvier sur toutes les zones. La ponte des œufs par les femelles a lieu juste après ce pic de maturité, soit de décembre à février dans l'ensemble des zones. Toutefois, le pas d'échantillonnage ne permet pas de détecter des différences fines. De plus, l'échantillonnage dans les Hauts de France n'a pas été suffisant pour atteindre les classes de taille présentant une maturité sexuelle importante, ce qui laisse des incertitudes quant au déroulement exact du cycle de reproduction. Les pontes peuvent être détectées par l'apparition d'amas de capsules dans les engins de pêche dormants comme les filets à poissons plats.

Des études plus poussées sur la détermination de la taille à maturité et de la saisonnalité de la reproduction restent à produire. De plus, le bulot est une espèce d'eau froide et est en limite sud de son aire de répartition sur la façade. Il est à penser que le changement climatique et l'augmentation de la température de l'eau va impacter les populations de bulot, notamment sa reproduction. Des études sur l'impact d'une augmentation de la température de l'eau sur le potentiel reproducteur du bulot pourraient permettre de mieux comprendre et anticiper les changements à venir.

Perspectives

Plusieurs éléments permettraient d'affiner et améliorer les diagnostics des pêcheries de bulots en Manche Est Mer du Nord. L'estimation des performances des modèles testés vis à vis des spécificités de la pêche de casier au bulot n'a pas pu être réalisée dans le cadre de ce travail, et devra être réalisée dans le cadre de futurs travaux.

Pour améliorer les sorties des modèles, l'information concernant les traits de vie des bulots devra également être déterminée avec plus de précisions.

De plus, des données concernant le nombre de casiers notamment devront être collectées afin de préciser la quantification de l'effort de pêche, voire de reconstruire une série historique courte du nombre de casiers en place par zone. Il sera intéressant dans le futur de pouvoir collecter ces informations en routine pour constituer une base de données solide pouvant servir à de futures évaluations. De plus, dans le cadre de ce projet, une application d'auto-échantillonnage permettant de collecter les informations concernant la zone de pêche, le nombre d'engins et le poids des captures a été testée. Il sera intéressant dans les prochaines années de se saisir de cet outil, après ajustement en fonction des premiers retours des professionnels, afin de fournir aux comités des données en temps quasi réel des rendements de la pêche du bulot. Des seuils d'alerte sur l'état des stocks pourront être définis, et permettront aux instances de gestion d'être plus réactifs sur la mise en place de réglementations au plus près de la réalité des stocks.

Pour pouvoir utiliser des modèles structurés en taille, comme le modèle LBSPR, il sera nécessaire de réaliser des échantillonnages à la débarque des débarquements de bulots. En effet, la structure de taille des captures permet d'en savoir davantage sur les populations exploitées de bulot, elle ne permet pas de déterminer la structure en taille des débarquements, qui est nécessaire pour utiliser des modèles structurés en taille tels que LBSPR. Étant donné la forte saisonnalité des captures (Figures 1.12, 1.13 et 1.14) et de leur structure de taille (Figure 1.22), cet échantillonnage devra être réalisé chaque année à la même période. Le tri des bulots étant réalisé par la largeur, selon les engins utilisés (tamis, grilles de tri fixes ou machines de tri) les proportions de bulots triés pour chaque classe de taille n'est pas connue avec précision. Cette information pourrait également être collectée afin de faciliter les futurs travaux ou d'utiliser les bases de données de structure de taille des captures pour de futures évaluations.

Afin de déterminer la taille à maturité des bulots dans les zones des Hauts-de-France, il serait également intéressant d'étendre la gamme de taille utilisée pour réaliser l'étude sur la maturité à des tailles supérieures. D'autres variables environnementales à déterminer pourraient également avoir un impact sur le développement de la maturité chez les bulots, et sont encore

à explorer.

Dans le contexte du changement climatique, il apparaît important de déterminer quels seraient les impacts de différents scénarios du GIEC sur les capacités reproductrices du bulot et sur donc son potentiel renouvellement, d'autant que les biomasses des stocks de bulot en Manche Est Mer du Nord sont déjà à la baisse. C'est également une inquiétude des professionnels.

En termes de gestion, pour l'ensemble des stocks considérés, une limitation voire une réduction de l'effort de pêche sera nécessaire dans les futures années pour reconstruire les niveaux de biomasse en Baie de Seine, et les conserver dans les autres zones. Les réglementations régionales ne s'appliquent que dans la zone des 0 à 12 miles, aussi si celles-ci venaient à durcir, les zones de pêche à l'extérieur des 12 miles pourraient constituer des zones de report de l'effort de pêche. Il sera important d'envisager de mettre en place une réglementation limitant l'effort de pêche également dans cette zone plus au large dans la zone CIEM 7d, afin de limiter réellement l'effort de pêche et non de simplement le déplacer plus au large. Au niveau régional, les mesures doivent pouvoir prendre en compte les dynamiques de flottille locales pour permettre aux entreprises de pêche de persister.

Un travail de valorisation des captures de bulots peut également être envisagé, à l'échelle locale ou plus régionale, à l'instar de la Manche Ouest où les bulots sont labellisés MSC et bénéficient d'une IGP "Bulots de la Baie de Granville" afin d'apporter une valeur ajoutée aux captures de bulot en Manche Est Mer du Nord.

Chapitre 2 : La pêche des gros crustacés en Manche Est Mer du Nord

Introduction

Biologie des gros crustacés

Homard

Le homard européen est un crustacé décapode (Table 2.1).

Table 2.1 – Taxonomie du homard européen ¹⁰⁹

Domaine	Règne	Embranchement	Sous-embranchement
<i>Biota</i>	<i>Animalia</i>	<i>Arthropoda</i>	<i>Crustacea</i>
Super classe	Classe	Sous-classe	Super ordre
<i>Multicrustacea</i>	<i>Malacostraca</i>	<i>Eumalacostraca</i>	<i>Eucarida</i>
Ordre	Sous-ordre	Infra-ordre	Super famille
<i>Decapoda</i>	<i>Pleocyemata</i>	<i>Astacidea</i>	<i>Nephropoidea</i>
Famille	Genre	Espèce	
<i>Nephropidae</i>	<i>Homarus</i>	<i>Homarus gammarus</i>	

Son corps est formé de plusieurs parties : le céphalothorax composé de la tête et du thorax, l'abdomen constitué de 6 segments abdominaux, du telson et de 4 uropodes. Dans le cadre de mesures de gestion et de conservation des femelles grainées, les uropodes peuvent être marquées ^{110–112}. Les femelles ont des pléopodes aplatis afin que les œufs y adhèrent. Leurs carapaces sont également plus larges pour les mêmes raisons.

Il est distribué du Nord-Ouest de la Norvège au sud des Açores mais aussi sur la côte ouest du Maroc au Nord de la mer Noire et en Méditerranée (sauf vers l'extrême Est et la Crète) ¹¹³⁻¹¹⁵ (Figure 2.1).

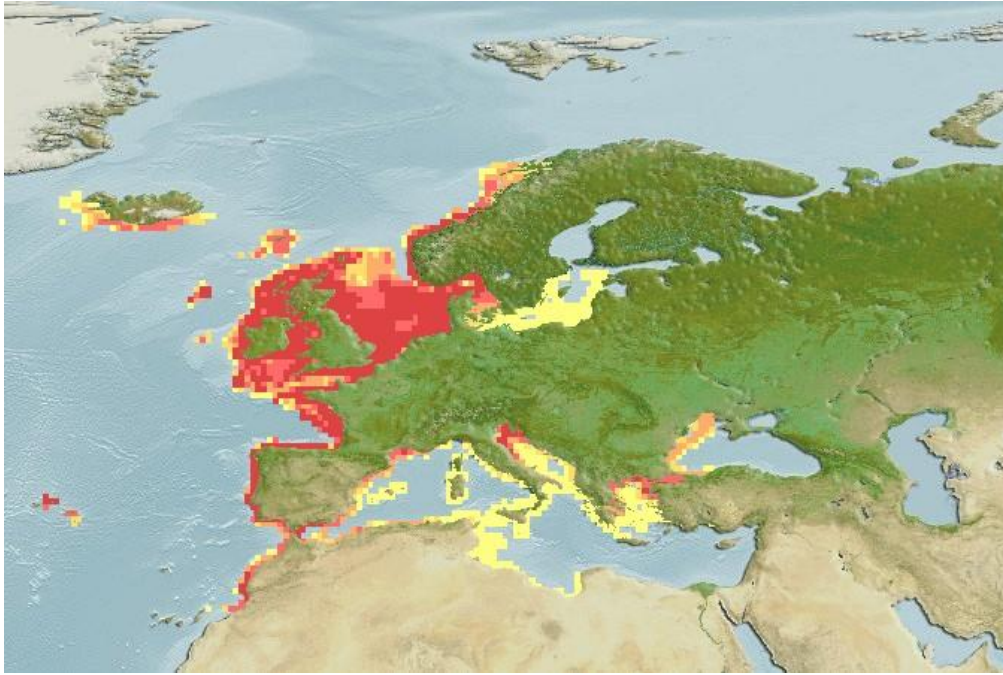


Figure 2.1 – Aire de répartition du homard européen ¹¹⁶

Ce crustacé est généralement présent en zone côtière au-dessus de 50 mètres de profondeur, et occasionnellement jusqu'à 200 m de profondeur ¹¹³. Sa répartition est de type agrégative, et conditionnée par la présence d'habitats favorables comme des crevasses, zones rocheuses, champs de laminaires ou herbiers de zostère ^{113,114,117-121}. Les juvéniles et les adultes occupent les mêmes habitats, cependant les juvéniles y vivent cachés pendant au moins les deux premières années de leur vie ¹²². Les mouvements des homards restent relativement limités au cours de leur cycle de vie. Ils parcourent souvent moins de 4 kilomètres ¹²³⁻¹²⁶.

Le homard est sensible aux variations de température : son préférendum thermique est situé entre 2 et 18°C ^{118,122}. En hiver, il se réfugie en profondeur où la température est plus stable puis se déplace vers les côtes au printemps ¹²⁷.

Ce crustacé est omnivore : il se nourrit de coquillages, de vers, d'échinodermes, d'autres crustacés, de poissons et occasionnellement d'algues ^{115,128}. Son activité est généralement nocturne et ses déplacements très localisés sont surtout liés à la recherche de nourriture ^{127,129-131}. Il est lui-même la proie du poulpe, de l'homme ¹²⁰, et des poissons au stade larvaire ¹³².

C'est une espèce gonochorique ovipare, c'est-à-dire qu'il y a séparation complète des sexes, et que la femelle porte les œufs (on dit qu'elle est ovigère ou grainée) ^{113,129,133,134}. La reproduction des homards débute au printemps, lorsque les températures augmentent. L'accouplement intervient juste après la mue de la femelle, alors qu'elle est encore molle ¹²¹. Le sperme, stocké dans une spermathèque, peut féconder les pontes d'au moins deux années successives ¹³⁵⁻¹³⁹. La ponte est généralement étalée entre juin et août mais peut aller jusqu'à décembre ¹²⁹. La fécondité est variable selon la taille des individus et les secteurs fréquentés. La femelle pond entre 5 000 et 50 000 œufs selon sa taille ^{140,141}. Les œufs sont incubés sous l'abdomen de la femelle pendant 7 à 10 mois selon la température ¹¹³. Les éclosions se déroulent la nuit, et sont étalées sur plusieurs mois avec un maximum au printemps ^{142,143}. Un tiers des œufs est perdu durant l'incubation et un tiers des éclosions donne des larves viables ¹³³. A l'éclosion, les larves sont planctoniques pendant 2 à 4 semaines, dépendamment de la température de l'eau, des courants, de la prédation ^{115,132,144-146}. C'est un stade extrêmement vulnérable dont la mortalité est difficile à estimer ^{119,147}. Durant leur vie pélagique, les larves passent par 3 stades pélagiques zoeae, puis au stade IV, premier stade juvénile où ils mesurent entre 6 et 7 mm ¹⁴⁴. Les juvéniles restent entre 2 et 4 ans protégés dans leur habitat (crevasses, herbiers de zostère ou champs de laminaire). Lorsqu'ils atteignent 40 à 60 mm, leur comportement évolue et le homard s'aventure peu à peu hors de son habitat de protection ^{122,148}. Le juvénile atteint sa maturité au bout de 5 à 8 ans selon les zones ¹¹⁵. La taille à première maturité du homard est, selon les méthodes d'estimation, comprise entre 79 et 105 mm ^{140,149-151}

Tourteau

Le tourteau est un crustacé décapode (Table 2.2 ; Figure 2.2) très courant en Europe.

Table 2.2 – Taxonomie du tourteau ¹⁵²

Domaine	Règne	Embranchement	Sous-embranchement	Super classe
<i>Biota</i>	<i>Animalia</i>	<i>Arthropoda</i>	<i>Crustacea</i>	<i>Multicrustacea</i>
Classe	Sous-classe	Super ordre	Ordre	Sous-ordre
<i>Malacostraca</i>	<i>Eumalacostraca</i>	<i>Eucarida</i>	<i>Decapoda</i>	<i>Pleocyemata</i>
Infra-ordre	Section	Sous-section	Super famille	Famille
<i>Brachyura</i>	<i>Eubrachyura</i>	<i>Heterotremata</i>	<i>Cancroidea</i>	<i>Cancridae</i>
Genre	Espèce			
<i>Cancer</i>	<i>Cancer pagurus</i>			



Figure 2.2 – Photographie d'un tourteau ¹⁵³

Il est facilement identifiable grâce à sa carapace très caractéristique (Figure 2.2). De couleur brune, est deux fois plus large que longue, elle est parcourue sur ses bords de motifs rappelant la forme d'une tourte ¹⁵³. Chez les femelles, l'abdomen est plus large.

Il est distribué des côtes de Norvège jusqu'au sud du Maroc (Figure 2.3). C'est un animal qui vit à des profondeurs relativement faibles, et en tout état de cause entre 0 et 100 mètres ¹⁵³⁻¹⁵⁶.

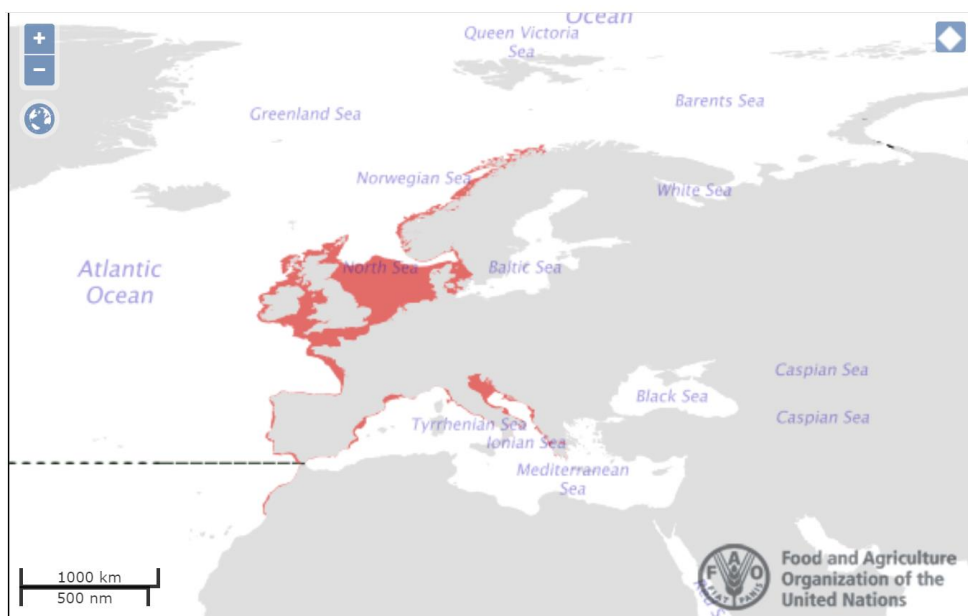


Figure 2.3 – Aire de répartition du tourteau ¹⁵⁵

Les habitats complexes sur les côtes (rochers, cavités, herbiers à zostère, champs de maërl, ...) jouent le rôle de nurserie pour cette espèce ^{157,158}. Il est rare de retrouver adultes et juvéniles aux mêmes endroits, bien que leurs habitats préférentiels soient similaires (rochers, cavités, ...) ¹⁵⁸⁻¹⁶⁰. On retrouve les adultes généralement dans des fonds rocheux légèrement plus profonds que les juvéniles même s'ils restent généralement entre 0 et 100 mètres ^{153,156,161}.

Les femelles sont nomades, les migrations sont intrinsèquement liées à son cycle de reproduction ^{130,162-164}, afin par exemple de protéger leurs œufs dans des zones spécifiques de regroupement des femelles grainées ^{165,166}.

Les tourteaux sont des animaux sténothermes ¹⁶⁷⁻¹⁶⁹, c'est-à-dire que leur fenêtre de tolérance thermique est réduite par rapport aux autres espèces similaires. Ils tolèrent généralement une température maximale entre 20 et 25 °C. Au-delà de 22°C, on peut observer des réductions dans leurs performances neuro-musculaires ¹⁶⁹⁻¹⁷¹.

Ce sont des prédateurs nocturnes ¹⁷²⁻¹⁷⁴ qui se nourrissent principalement de benthos ^{172,175}. Les crabes peuvent également consommer de façon occasionnelle les rejets de la pêche ou de juvéniles en cours de mue ^{159,176}.

La reproduction a lieu lorsque la femelle mature vient de muer et que la carapace est molle, entre décembre et février. Le mâle reste pendant 3 à 21 jours avec la femelle juste avant sa mue, l'aide à sortir de sa carapace puis les deux s'accouplent avant que la carapace de la femelle ne durcisse à nouveau ^{177,178}. Après l'accouplement, les mâles bouchent l'orifice de la femelle après la reproduction afin qu'aucun autre mâle ne se reproduise avec elle ¹⁷⁹. La femelle peut garder le sperme jusqu'à 1 an avant de féconder ses œufs ¹⁵³. Lors de la ponte, les femelles creusent des trous dans les fonds meubles et sableux, le temps que les œufs pondus adhèrent aux pléopodes ^{166,177,180–182}. Les œufs pondus restent entre 6 et 9 mois sous l'abdomen des femelles avant d'être libérés dans le milieu ^{165,177,183,184}. La taille est le facteur qui conditionne le plus la fécondité d'une femelle ¹⁸¹. Après 7 mois d'incubation sous l'abdomen des femelles, les larves sont libérées autour de mai à juin dans des zones spécifiques ^{166,177,183–185}. La phase larvaire dure entre 6 et 8 semaines, dépendamment de la température ^{185–187}. Le développement larvaire des tourteaux est typique des crustacés : des stades zoeae se succèdent (5), puis une larve megalopa permet la transition vers la phase juvénile ¹⁵³. La phase megalopa dure moins de 24 heures ¹⁷⁷. La mortalité larvaire est très élevée. Les juvéniles recrutés sur le fond font environ 3 mm ¹⁸⁵. Ils sont recrutés majoritairement sur des fonds complexes, leur offrant des cavités et des abris ¹⁵⁷. Ils passent 3 à 4 ans abrités avant d'acquérir la maturité sexuelle. En fonction des méthodes ¹⁸⁸, la taille à première maturité est estimée entre 100 et 130 mm ^{154,189}. Elle ne varie pas en fonction de la température. En revanche, puisque la croissance est réduite dans les hautes latitudes, alors les crabes sont matures à un âge plus tardif dans les hautes latitudes, mais à une taille similaire ¹⁹⁰.

De nombreuses maladies et parasites sont très prévalents chez le tourteau : infections bactériennes, sacculine, des champignons, des dinoflagellés ^{191–206}. Cela peut avoir un impact sur la consommation humaine (intoxications alimentaires, ...) ¹⁹⁷.

Araignée de mer

L'araignée de mer est un crabe décapode de l'infra-ordre des Brachyours, ou « vrais crabes » (Table 2.3). Auparavant confondue avec l'espèce d'araignée semblable méditerranéenne *Maja squinado*, des différences morphologiques ²⁰⁷ puis phylogénétiques ²⁰⁸, ainsi qu'une ségrégation géographique ont pu être mises en évidence, et ont permis d'identifier formellement l'espèce *Maja brachydactyla*.

Table 2.3 – Taxonomie de l'araignée de mer ²⁰⁹

Domaine	Règne	Embranchement	Sous-embranchement	Super classe
<i>Biota</i>	<i>Animalia</i>	<i>Arthropoda</i>	<i>Crustacea</i>	<i>Multicrustacea</i>
Classe	Sous-classe	Super ordre	Ordre	Sous-ordre
<i>Malacostraca</i>	<i>Eumalacostraca</i>	<i>Eucarida</i>	<i>Decapoda</i>	<i>Pleocyemata</i>
Infra-ordre	Section	Sous-section	Super famille	
<i>Brachyura</i>	<i>Eubrachyura</i>	<i>Heterotremata</i>	<i>Nephropoidea</i>	
Famille	Sous famille	Genre	Espèce	
<i>Nephropidae</i>	<i>Majinae</i>	<i>Maja</i>	<i>Maja brachydactyla</i>	

La carapace est de forme ovoïde recouverte d'épines dorsales et de petites épines latérales (Figure 2.4). Les femelles ont un abdomen large et arrondi tandis que les mâles ont un abdomen plus petit et fin. Les mâles ont également des pattes avec des pinces caractéristiques qui permettent de les différencier des femelles, et peuvent également permettre de différencier des mâles adultes et juvéniles ²¹⁰.

Figure 2.4 – Photographie d'une araignée de mer ²¹¹

L'araignée de mer est répartie dans l'Atlantique Nord Est, des côtes du Sénégal jusqu'au Royaume-Uni ²¹². Elle peut vivre sur tous les types de fonds ¹⁸⁵.

Les adultes effectuent de longues migrations d'1 à 10 kilomètres par jour et de plus de 160 kilomètres au total. Ils traversent de nombreux milieux au cours d'une saison ²¹³⁻²¹⁹. A la fin de l'été, on peut observer les araignées de mer à des profondeurs entre 10 et 40 mètres ²¹⁴, tandis que certaines femelles peuvent être retrouvées à des profondeurs de plus de 100 mètres en hiver ²¹⁷. Les migrations permettent à l'araignée de se reproduire pendant l'été lorsqu'elle rejoint ses aires de reproduction sur les côtes. En hiver, l'araignée migre vers des fonds plus profonds pour passer l'hiver dans une eau à température plus stable et en profondeur.

L'araignée de mer est un prédateur opportuniste ^{185,220}. Elle se nourrit cependant majoritairement de macro-algues et d'invertébrés benthiques sessiles ou peu mobiles. Plus les individus vieillissent, plus ils se nourrissent d'invertébrés benthiques. En revanche, le niveau trophique des araignées de mer reste le même au cours de leur vie ²²¹. La quantité de nourriture consommée augmente juste avant la mue et baisse après la mue, et varie également en fonction des saisons ²²². Elle n'a pas beaucoup de prédateurs dans son milieu naturel ²²⁰.

Les juvéniles sont recrutés dans les milieux protégés comme les champs de laminaire ou les herbiers de zostère ^{158,185,214,223,224}. Seuls les fonds vaseux sont défavorables au recrutement des jeunes ²²⁵. Ils restent protégés dans leur milieu et ne migrent pas pendant cette phase de leur cycle de vie ²¹⁸. Ils ont une forte activité de camouflage et d'ornementation de leur carapace qu'ils couvrent d'algues trouvées dans leur environnement immédiat. Cette activité d'ornementation a pour but le camouflage des juvéniles dans leur milieu (herbiers à zostère ou champs de laminaires).

Les adultes acquièrent leur maturité sexuelle environ 2 à 3 mois après la mue terminale ²¹⁰. Le développement et la maturation des gonades se déroulent selon un cycle annuel. La taille à maturité, ou encore la taille adulte des araignées, dépend des paramètres individuels de croissance qui peuvent varier fortement d'un individu à l'autre ^{142,150,188,213,226-234}. Dès le début du printemps, les araignées adultes migrent vers les côtes afin de se reproduire pendant l'été. La majorité des crustacés ne peuvent se reproduire que lorsque les femelles viennent de muer, et que leur carapace est molle ^{124,230,235,236}. Étant donné que l'araignée a une mue terminale ^{64,210,214,228,237,238}, après laquelle elle acquiert sa maturité sexuelle ^{210,228,237}, alors la reproduction n'a lieu que lorsque la carapace des femelles est dure, et chaque année. La femelle peut se reproduire avec plusieurs mâles, et c'est le sperme du dernier mâle avec lequel elle s'est reproduit qui servira en premier ^{213,227,239}. Les femelles incubent les œufs entre 40 et 60 jours après leur fécondation ¹⁸⁵, en fonction de la température du milieu ²¹⁶. Elle peut également pondre entre 1 et 3 fois à chaque saison ^{185,216,240}. Chaque ponte peut contenir près

de 500 000 œufs ²⁴¹. S'il y a multiples pontes, alors la femelle féconde la ponte suivante quelques jours après le relâchement de la précédente ²¹⁶. Les œufs des pontes suivantes sont de moindre qualité ²⁴². La saison de ponte s'étend de la fin de l'hiver jusqu'à octobre ou novembre où on peut encore observer quelques femelles portant des œufs ²²⁷. Les œufs sont pondus pendant la nuit, et passeront 2 à 3 semaines à l'état larvaire ^{185,243,244}. Après la libération des œufs dans le milieu, les larves éclosent. Elles subissent 3 mues, passant du stade zoeae I à zoeae II à megalopa ²⁴⁵⁻²⁴⁷.

Exploitation des gros crustacés en France et en Manche Est Mer du Nord

Les gros crustacés sont pêchés au filet et au casier, principalement au printemps et en été. Les casiers sont souvent limités en nombre par homme et/ou par navire, selon les régions. Ils sont regroupés en filières de 15 à 50 unités environ. Les casiers sont appâtés avec des poissons et relevés toutes les 24 à 48 heures. Les espèces pêchées sont le homard, le tourteau, l'araignée et l'étrille.

Le homard européen est une espèce historiquement consommée en France depuis des siècles ¹¹⁴. Jusqu'au début des années 1970, la pêche au homard est une activité économiquement structurante pour une partie des flottilles françaises ²⁴⁸. A partir des années 1970, des baisses de rendement de la pêche au homard en Manche Ouest ont conduit au développement de la pêche des tourteaux et des araignées de mer ^{249,250}.

En 2018 en France, 750 tonnes de homard ont été déclarées, pour 283 tonnes enregistrées en halles à marées. Pour le tourteau, 3800 tonnes ont été déclarées pour 1073 tonnes vendues en halles à marées. Enfin, pour l'araignée, 7171 tonnes ont été déclarées pour 1979 tonnes enregistrées en halles à marée ^{251,252}. En 2020, le prix moyen en halles à marée de ces 3 espèces était respectivement de 29.10€, 13.9€ et 5.9€ ⁷⁸. Les principales criées dans lesquelles sont débarqués des gros crustacés sont toutes situées sur la façade Nord Atlantique - Manche Ouest (Table 2.4). Cependant, toutes les captures de gros crustacés ne passent pas sous les halles à marée, et beaucoup sont vendues en vente directe.

Table 2.4 - Données de vente en halles à marée des homard (1), tourteaux (2) et araignées (3) en 2018 ²⁵²

Halle à marée	2018		
	Q. vendues (T)	V. ventes (k€)	P.M. (€/kg)
Toutes halles à marée	283	6 038	21,32
ST QUAY PORTRIEUX	33	723	21,79
BREST	37	770	20,65
GRANVILLE	31	730	23,86
LORIENT	24	538	22,64
LE CROISIC	20	467	23,75
NOIRMOUTIER	28	547	19,72
ROSCOFF	21	432	20,95
CONCARNEAU	15	295	20,04
LES SABLES D'OLONNE	11	230	20,40
QUIBERON	9	180	20,12
LE GUILVINEC	6	130	21,78
AUDIERNE	4	81	18,33
OLERON	6	140	23,27
ST GILLES CROIX DE VIE	13	257	19,71
CHERBOURG	8	161	21,00

(1)

Halle à marée	2018		
	Q. vendues (T)	V. ventes (k€)	P.M. (€/kg)
Toutes halles à marée	1 073	4 443	4,14
DOUARNENEZ	248	875	3,52
ROSCOFF	152	677	4,45
LORIENT	151	556	3,69
LE CROISIC	122	511	4,20
BREST	94	417	4,44
LE GUILVINEC	72	317	4,39
LES SABLES D'OLONNE	24	135	5,70
OLERON	27	130	4,79
CONCARNEAU	26	136	5,16
NOIRMOUTIER	27	105	3,90
QUIBERON	22	84	3,74
GRANVILLE	26	130	5,04
ST GUENOLE	12	62	5,12
CHERBOURG	23	78	3,45
ARCACHON	6	45	7,00

(2)

Halle à marée	2018		
	Q. vendues (T)	V. ventes (k€)	P.M. (€/kg)
Toutes halles à marée	1 979	3 794	1,92
LE CROISIC	195	586	3,00
BREST	309	682	2,21
LORIENT	430	762	1,77
GRANVILLE	247	572	2,32
NOIRMOUTIER	100	144	1,44
ST QUAY PORTRIEUX	97	129	1,33
QUIBERON	59	87	1,47
ROSCOFF	82	131	1,59
OLERON	52	97	1,86
CONCARNEAU	58	98	1,69
LES SABLES D'OLONNE	28	43	1,57
ERQUY	39	50	1,29
AUDIERNE	84	136	1,62
LE GUILVINEC	60	84	1,38
ST GILLES CROIX DE VIE	20	25	1,23

(3)

La pêche des gros crustacés est principalement localisée en Manche Ouest et sur la façade Atlantique en termes de débarquement globaux (Table 2.4). Cependant, il existe des pêcheries récemment développées sur la façade Manche Est Mer du Nord. Principalement, les crustacés sont pêchés par les bateaux de 2 quartiers maritimes : Cherbourg et Boulogne-sur-Mer ^{8,10,15,17}. A Boulogne-sur-Mer, c'est le tourteau qui fait partie des espèces de gros crustacés les plus pêchées, tandis que c'est le homard à Cherbourg. Dans les 2 cas, l'activité du casier à gros crustacés est économiquement structurante pour les navires, qui sont de petites unités de pêche pratiquant plusieurs métiers dans l'année.

Cherbourg est situé à la limite entre Manche Est et Manche Ouest, et les bateaux pêchent sur les 2 zones. Sur ce quartier maritime, le métier principal est le casier, avec 778 mois cumulés en 2017 à 1239 mois en 2021. En 2021, 40% des navires du quartier maritime de Cherbourg sont des caseyeurs exclusifs. Le métier du casier à gros crustacés est le premier métier pratiqué sur ce quartier maritime, avec un maximum de 97 bateaux en juin. 129 tonnes de homard ont été débarquées en 2021 à Cherbourg (202 en 2017), pour un revenu de 3491 k€ (4169 k€ en 2017, 3e espèce en valeur en 2017 et 2021) ^{10,17}.

Sur le quartier maritime de Boulogne-sur-Mer, le tourteau était, en 2021, la dixième espèce la plus importante en termes de tonnage, avec 324 tonnes (340 en 2017). 77 tonnes de homard ont également été débarquées (66 en 2017). Le métier du casier à gros crustacés était le deuxième métier pratiqué à Boulogne, devant le trémail à sole qui était pourtant le métier principal de ce quartier maritime en 2017 (Table A) ^{8,15}, et le métier historiquement pratiqué par les bateaux des Hauts-de-France ⁷.

Sur les autres quartiers maritimes de la façade Manche Est Mer du Nord, l'activité de pêche aux gros crustacés est une activité secondaire, les bateaux pratiquant le casier ciblent surtout le bulot ^{9,11–14,16,18–21} (voir Partie Bulots).

Si les stocks en Manche Ouest bénéficient de suivis et/ou d'évaluations ^{251,253–258}, sur la façade Manche Est Mer du Nord les stocks de gros crustacés ne sont pas suivis. La réglementation mise en place (Table 2.5) n'est pas basée sur des évaluations ou rapport scientifiques.

Table 2.5 - Bilan de la réglementation applicable à la pêche de gros crustacés en Bretagne, Normandie et Hauts-de-France en 2022

	Bretagne	Normandie	Haut-de-France
Réglementation nationale en vigueur	82,259,260		
Réglementation régionale en vigueur	261,262	Manche Ouest (MO) ^{263,264} Manche/Cavados (Manche Est ; 50/14 ME) ^{265,266} Seine Maritime (76) ²⁶⁷	268,269
Contingent de licences	781 licences dont 481 "canot" et 32 "pouces pieds"	MO: 112 50/14 ME : 80 dont 1 "filet" et 77 "gros crustacés" 76 : 150	Pêche ciblée : 11 (si activité principale n-1 et n-2 crustacés, et plus de 3 tonnes déclarées n-1) Pêche polyvalente : 189
Licences ayant valeur d'AEP	220 pour la VII et 150 pour la VIII	MO : OUI 50/14 ME : OUI 76 : /	OUI
Engins autorisés	Casier, filet et balai, plongée pour 35 navires	Casier, filet	Casier, filet
Taille des navires détenteurs	13.5 mètres maximum aux Glénans	NON	NON
Points de débarques définis	OUI	MO : OUI 50/14 ME : OUI 76 : /	OUI
Fermetures spatio-temporelles et zones de cantonnement	OUI, spécifiques ou non	MO : OUI, spécifiques ou non 50/14 ME : /	Fermée les dimanches et jours fériés

Projet MECANOR² - Chapitre 2 La pêche des gros crustacés

		76 : /	Pêche et débarquement des araignées interdit entre le 1 ^{er} septembre et le 15 octobre
Nombre de casier par navire	1000 (1200 pour les navires de plus de 20 mètres)	MO : 800 + contingent global, 300 en diversification 50/14 ME : 800 + contingent casier global, 300 en diversification 76 : /	Pêche ciblée : 150 casiers par homme, dans la limite de 5 hommes embarqués Pêche polyvalente : 75 casiers par homme, dans la limite de 5 hommes embarqués
Nombre de casier par homme	250 à 300 selon les QM	MO : 200 50/14 ME : 200 76 : /	
Marquage des casiers	Obligatoire	MO : Obligatoire 50/14 ME : Obligatoire 76 : /	Obligatoire
Casiers pièges	Interdits en 29 et 22 Dimensions réglementées en 35 Casiers à entrée latérale non rigide autorisées pour 32 navires	MO : 50 % du nombre de casiers détenus max, interdits dans certains secteurs 50/14 ME : 50 % du nombre de casier détenu max 76 : /	/
Trappes d'échappement		MO : Obligatoire sur tous les casiers sauf certaines zones 50/14 ME : Obligatoire sur tous les casiers 76 : /	Obligatoire sur les casiers pièges
Réglementation des filets	100 filets de 50 mètres par homme, 220 mm de maille étirée	MO : 2000 mètres par navires, 220 mm maille étirée 50/14 ME : 220 mm de maille	130 mm / 240 mm pour l'araignée

Projet MECANOR² - Chapitre 2 La pêche de gros crustacés

		étirée 76 : /	
Tailles minimales de capture	Homard : 87 mm Tourteau : 13 à 15 cm selon les zones Araignée : 12 cm	Homard : 87 mm Tourteau : 15 cm Araignée : 12 cm	Homard : 90 mm Tourteau : 14 cm Araignée : 12 cm
Limites de capture	/	/	Pêche ciblée : Homard : 20 à 30 kg/homme, dans la limite de 5 hommes embarqués (selon la période de l'année) Tourteau : 80 à 100 kg, dans la limite de 5 hommes embarqués (selon la période de l'année) Araignée : 400 kg/homme, dans la limite de 5 hommes embarqués Pêche polyvalente : Homard : 10 à 15 kg/homme, dans la limite de 5 hommes embarqués (selon la période de l'année) Tourteau : 40 à 50 kg, dans la limite de 5 hommes embarqués (selon la période de l'année) Araignée : 400 kg/homme, dans la limite de 5 hommes embarqués
Détention de pinces de tourteaux	5 kg par homme dans la limite de 75 kg par fileyeur ou 1% des captures pour les caseyeurs	Interdit	1% du poids total des captures, dans la limite de 20 kg au total

Projet MECANOR² - Chapitre 2 La pêche des gros crustacés

Détention de pinces d'araignées	/	/	Interdit
Tourteaux et araignées clairs	Remise à l'eau obligatoire	Détention à bord interdite	Pêche et débarquement des tourteaux clairs interdit
Utilisation des tourteaux frais comme appât	/	Interdit	/
Réglementation sur les femelles grainées (homard)	/	/	<i>"interdiction de pêcher et débarquer des femelles grainées dites à œufs clairs entre le 15 mai et le 15 septembre"</i>
Captures accessoires de gros crustacés pour les navires non-détenteurs de licence	10% du volume des captures détenues à bord maximum		

Ce tableau reprend la réglementation en vigueur à un instant t. Le contenu des arrêtés peut être modifié dans le temps, aussi merci de se référer aux arrêtés en vigueur disponibles sur les sites internet des comités régionaux (CRPMEM Bretagne, Normandie et Hauts-de-France) et du comité national (CNPMM).

Objectifs du projet MECANOR²

Les métiers du casier à gros crustacés se sont développés ces 10 dernières années sur le quartier maritime de Boulogne-sur-Mer. C'est une activité structurante économiquement sur les quartiers de Cherbourg et Boulogne-sur-Mer, où ce métier est l'un des métiers principaux des navires pratiquant les arts dormants. Cependant, il n'existe pas d'évaluation de ces stocks, et la réglementation mise en place ne se base sur aucune donnée scientifique. Aussi subsiste une inquiétude quant à la durabilité de l'exploitation de la ressource en gros crustacés, notamment des 2 espèces principalement ciblées, le homard et le tourteau. Dans ce contexte, le projet MECANOR² a pour objectif de mieux connaître l'exploitation des gros crustacés sur les 2 zones identifiées où il existe une activité importante et principale sur les gros crustacés. 2 actions ont été mises en place. Premièrement, les données de production ont été rassemblées afin de produire des séries temporelles de captures et CPUE. Ces séries seront intégrées dans des modèles DLS d'évaluation de stocks à données limitées. Enfin, le projet MECANOR² a aussi permis la collecte de données biométriques pour l'une des 2 zones. Ces données seront intégrées à des modèles structurés en taille pour fournir des éléments complémentaires à l'établissement d'un diagnostic sur les stocks de homard et tourteaux en Nord Cotentin et à Boulogne-sur-Mer.

Matériel et Méthodes

La pêche des gros crustacés : données sur l'exploitation

En fonction des caractéristiques des flottilles et de l'analyse préliminaire des captures, 2 zones d'intérêt ont été identifiées pour le homard et le tourteau (Figure 2.5), et 3 zones pour l'araignée (Figure 2.6). Elles correspondent aux zones principales de production.

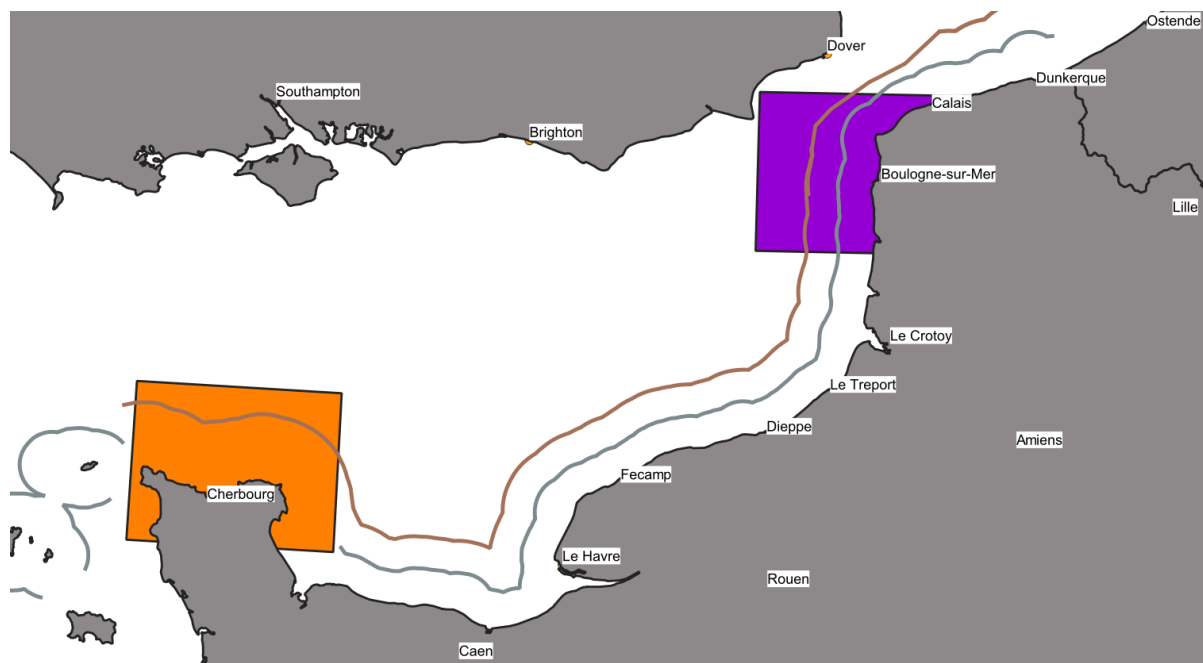


Figure 2.5 - Carte des 2 zones retenues pour l'analyse des données de capture et l'évaluation des stocks de homard et de tourteaux en Manche Est - Mer du Nord (zone orange : Nord Cotentin, rectangle statistique CIEM 28E8 ; zone violette : Hauts-de-France, rectangle statistique CIEM 30F1)

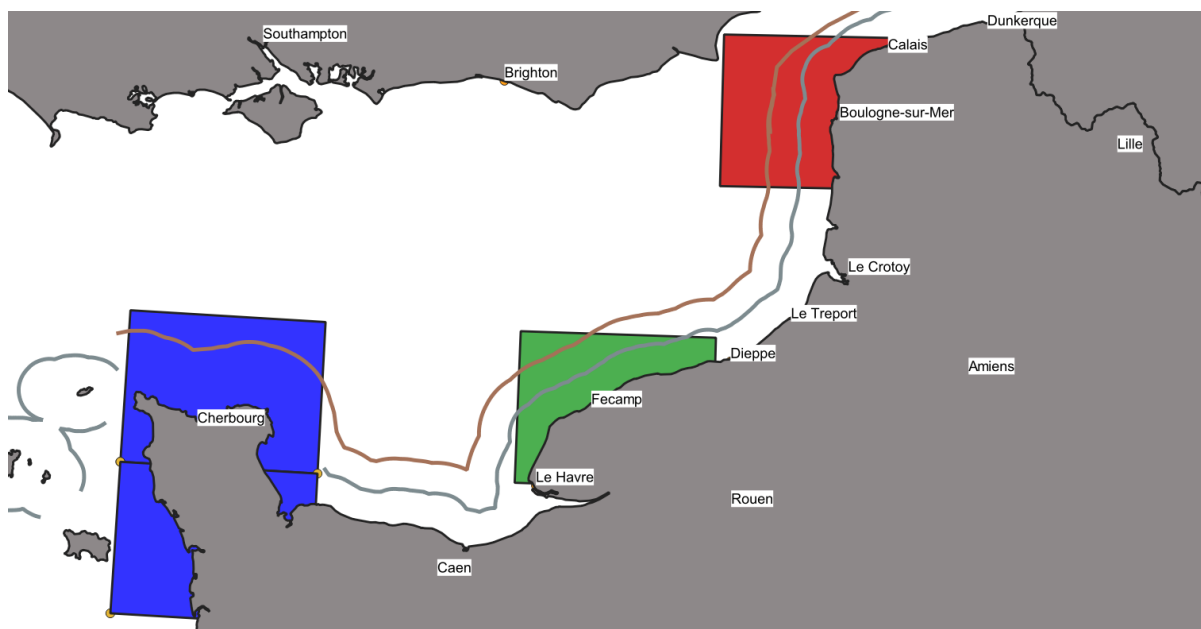


Figure 2.6 - Carte des 3 zones retenues pour l'analyse des données de capture et l'évaluation des stocks d'araignée en Manche Est - Mer du Nord (zone bleue : Nord Cotentin, zone verte : Seine Maritime, zone rouge : Hauts-de-France)

L'exploitation est caractérisée par 2 variables principales : les captures totales et l'effort de pêche. Les CPUE correspondent au rapport entre les captures et l'effort de pêche. Dans le but de produire un premier diagnostic sur les pêcheries de bulot en Manche Est - Mer du Nord, des modèles de production DLS ont été utilisés (voir partie Modèles de production). Ces modèles nécessitent à minima une série temporelle de captures, voire pour certains une série temporelle de CPUE⁹⁷⁻⁹⁹. Ces données brutes permettent également de mieux comprendre les dynamiques d'exploitation des stocks.

Captures

Les captures totales annuelles de homard, tourteau et araignée ont été extraites de la base SACROIS de 2000 à 2021 sur l'ensemble de la Manche - Mer du Nord. Afin d'identifier tout changement dans les pratiques de pêche, la proportion des métiers déclarant des captures de gros crustacés a été vérifiée. Ces résultats sont présentés en Annexe 3, et ne présentent pas de variation significative au cours des années prises en compte.

Les données de captures réalisées au casier à gros crustacés (FPO_CRU) ont été extraites de la base SACROIS pour les analyses qui suivent, et corrigées pour éviter de possibles outliers liés (1) à des erreurs d'unité ou (2) à des erreurs dans le report des espèces. Pour corriger la typologie d'erreur (1), les captures plus de 10 fois supérieures à la médiane des captures attribuées au même navire ont été divisées par un facteur de correction (Table 2.6).

Tableau 2.6 - Facteur de correction des captures par marée en fonction de la médiane des captures associée au même navire

Écart à la médiane (facteur)	>500	500<= & >50	<=10
Facteur de correction	1000	100	10

Afin de corriger la typologie d'erreur (2) les valeurs élevées reliées à des navires n'ayant reporté qu'une marée ponctuelle ont été supprimées de l'analyse.

Effort

La pêche des gros crustacés en Manche - Mer du Nord est caractérisée par l'usage du casier. L'effort de pêche associé à la pêche au casier est caractérisé par deux facteurs principaux (1) le nombre d'opérations de pêche (2) le nombre de casiers utilisés au cours de chacune des opérations de pêche. Pour les casiers à crustacés 2 types de casiers existent. Le casier "classique" est équipé d'une ou plusieurs goulottes rigides de 140 mm ou plus, et n'est pas équipé d'un dispositif anti-retour. Les "casiers parloirs" ou "casiers pièges" correspondent à l'ensemble des casiers à gros crustacés ne répondant pas à ces 2 caractéristiques ²⁷⁰, qui présentent de fait des capturabilité variables. Les réglementations affectant l'usage de ces deux types de casiers ("classiques" et "parloirs") diffèrent au sein de la zone MECANOR² (voir partie Réglementations applicables en 2022 sur les crustacés sur la façade maritime). Par conséquent, la variable (3) 'typologie du casier' fait elle aussi partie des variables d'intérêt dans la caractérisation de l'effort de pêche des pêcheries crustacées en Manche - Mer du Nord, dans le but d'obtenir une CPUE.

Une partie des autres variables pouvant impacter la caractérisation de l'effort concerne l'aire d'attractabilité des casiers : la typologie de l'appât, le régime de marée, le nombre de casiers par filière et le nombre de filières mais également la durée d'immersion ont un rôle fondamental dans l'efficacité des casiers ¹⁰⁰. Toutefois, les informations relatives à ces autres variables ne sont pas disponibles, de ce fait elles ne seront pas prises en considération dans le cadre de ce rapport.

Dans le but d'estimer l'effort de pêche et les CPUE, différentes sources d'information ont été considérées : SACROIS, calendriers d'activité (produits par le SIH ¹⁰¹), données VMS.

L'approche des calendriers d'activité a été retenue. Celle-ci permet en effet la plus grande couverture temporelle. Les résultats du calcul de l'effort de pêche et des CPUE grâce aux données SACROIS et aux données VMS sont présentées respectivement en Annexes 4 & 5.

Les calendriers d'activité, produits par le SIH, ont pour objectif premier la caractérisation de l'activité de pêche. Les données extraites pour les navires ayant reporté une activité au casier à homard, tourteau ou araignée sont : le nombre de jours de mer, le nombre de jours de pêche, le nombre d'hommes, ainsi que le nombre de mois ont été extraites. Afin de faire correspondre cet effort aux données de captures SACROIS, seuls les bateaux reportant dans SACROIS des captures de l'espèce recherchée ont été conservés.

Pour chaque espèce une donnée d'effort a été calculée. En effet, les 3 espèces de gros crustacés considérées ici ont des comportements et des répartitions différentes (voir partie Biologie des gros crustacés). Aussi, si elles sont pêchées par le même engin, dans la pratique les filières sont bien souvent dédiées à la pêche de l'araignée, du homard ou du tourteau, même si des captures de ces 3 espèces peuvent être effectuées au sein de la même filière.

La relation entre le nombre de jours de pêche des calendriers d'activité et les variables SACROIS (secteur de pêche, année, code navire, et nombre de marées reportées sur SACROIS) a été testée à l'aide d'un modèle linéaire mixte (*lmm*). Une approche soustractive des variables a été utilisée afin de caractériser le meilleur modèle (Table 2.7). Les résultats de ces modèles ont été utilisés afin de prédire l'effort annuel de ces bateaux, en nombre de jours de mer.

Table 2.7 - Présentation des combinaisons de modèles linéaires mixtes testés afin d'élever le nombre de jours de pêche du calendrier d'activité et les variables SACROIS dans le but de corriger et estimer les données manquantes du calendrier d'activité

Modèles	Variables		
	Années	Marées	Navires
M1	fixe	fixe	aléatoire
M2	fixe	-	aléatoire
M3	-	fixe	aléatoire
M4	fixe	fixe	-

CPUE

Sur la base de la série temporelle de captures de gros crustacés (présentée dans la partie *Captures*), et du proxy d'effort calculé via l'approche *lmm* des calendriers d'activité (présenté

dans la partie *Effort*), une CPUE proxy du poids de chaque espèce par jour de pêche a été calculée.

Modèles de production

Les modèles de productions sont à la base d'une part importante des modèles *DLS* (Data Limited Stocks - Stocks à Données Limitées). Ils expriment la biomasse d'un stock à un temps t en fonction de sa biomasse au pas de temps $t-1$. Les différentes formulations intègrent de manière variable les paramètres biologiques de l'espèce (taux de croissance, capacité limite du milieu, mortalité naturelle, relation de stock recrutement) et la mortalité liée à la pêche. L'ensemble des modèles présentés dans cette section appartiennent à cette catégorie. Pour l'ensemble des modèles de production, les captures SACROIS corrigées de 2000 à 2020 ont été utilisées et, lorsque nécessaire, un CPUE sur la base du croisement des captures corrigées de SACROIS et du proxy d'effort obtenu par l'approche *Imm*, de 2000 à 2020.

CMSY

CMSY⁹⁹ est un modèle dérivé de Catch-MSY¹⁰², permettant d'inclure uniquement des données de capture ou de croiser des données de capture et d'indices d'abondance, sur la base d'un modèle de dynamique de biomasse de Schaefer (1954)¹⁰³ (équation 1).

$$B_{t+1} = B_t + r(1 - \frac{B_t}{K})B_t - C_t$$

(1)

B_{t+1} : biomasse au temps $t+1$, B_t : biomasse au temps t , r : taux de croissance intrinsèque, K : capacité limite du milieu, C_t : capture au temps t .

Ce modèle a été élaboré de manière à déterminer le meilleur couple de paramètres r (taux de croissance intrinsèque) et K (capacité limite du milieu) qui peut être associé à une dynamique de capture. Cette formulation exclut les couples de valeurs menant à l'extinction du stock ou à une biomasse dépassant la valeur maximale de la capacité limite. Il est possible d'ajouter à ce modèle des *priors* de biomasse relative au début, à un point intermédiaire et à la fin de la séquence temporelle considérée. Ici la formulation du modèle utilisée est issue du repository GitHub : <https://github.com/SISTA16/cmsy.git>. L'ensemble des *priors* utilisés pour les modèles d'évaluation de stocks à données limitées est présenté à la fin de la partie *Modèles de production* (Table 2.8).

SPicT

SPicT est basé sur la formulation de Pella-Tomlinson (1969)¹⁰⁴ du modèle de dynamique de biomasse (équation 2).

$$(2) \quad \frac{dB_t}{dt} = \frac{r}{n-1} B_t \left(1 - \left[\frac{B_t}{K} \right]^{n-1} \right) - F_t B_t$$

B_t : Biomasse au temps t , r : taux de croissance intrinsèque, n paramètre de la relation de stock recrutement de Pella-Tomlinson (si $n = 2$, la relation devient une relation de Schaefer), K : capacité limite du milieu, F_t : mortalité de pêche que temps t .

Il peut cependant être paramétré pour différentes relations stock-recrutement et donc être égal à la formulation de Schaefer⁹⁷. SPicT estime la biomasse ainsi que la mortalité par pêche comme des processus continus. Ce modèle ne requiert aucun prior, cependant il permet, lorsque ceux-ci sont disponibles, d'intégrer des priors pour r (taux de croissance intrinsèque), K (capacité limite du milieu), q (capturabilité) et n (paramètre de stock recrutement de Pella-Tomlinson). L'ensemble des priors utilisés pour les modèles d'évaluation de stocks à données limitées sont présentés à la fin de la section modèle (Table 2.8).

JABBA

JABBA⁹⁸ est un modèle de dynamique de biomasse pouvant utiliser les formulations de Schaefer (1954)¹⁰³, de Fox (1970)¹⁰⁵ et de Pella-Tomlinson¹⁰⁴ (équation 3).

$$(3) \quad SP_t = \frac{r}{m-1} B_t \left(1 - \left(\frac{B_t}{K} \right)^{m-1} \right),$$

SP_t : production en surplus au temps t , r : taux de croissance intrinsèque, m : paramètre de la relation de stock recrutement (si $n = 2$, la relation devient une relation de Schaefer), K : capacité limite du milieu.

Son approche bayésienne permet d'utiliser des priors informatifs ou non pour différents paramètres d'histoire de vie tels que r (taux de croissance intrinsèque) et K (capacité limite du milieu).

Pour chacune des zones et chacune des espèces, un set de modèles et de paramétrisation a été testé (Annexe 6). Les éléments disponibles pour les araignées de mer n'étaient pas

suffisants à l'estimation de CPUE satisfaisants. Par conséquent seule la version la plus économes en données de CMSY a pu être utilisée pour l'évaluation de ce stock.

Modèles structurés en taille

Les modèles structurés en tailles représentent un autre pan des modèles de stocks à données limitées. Ils se basent sur la relation entre la structure en taille théorique d'un stock en l'absence d'exploitation et la structure en taille réalisée de ce stock au sein des captures. La première est estimée sur la base de divers paramètres biologiques liés de l'espèce dont notamment la taille à maturité, les paramètres de la relation de von Bertalanffy, la mortalité naturelle et la sélectivité. Ces modèles sont pour beaucoup très sensibles aux hypothèses faites sur ces paramètres. La structure en taille réalisée peut être échantillonnée sur une année ou plusieurs via des embarquements ou des débarquements. Ces méthodes sont donc particulièrement économes en données. Il existe un large éventail de modèles DLS structurés en taille, tels que LBSPR, LIME, LBRA²⁷¹⁻²⁷³. Dans ce projet et au vu des données disponibles seul le modèle LBSPR a été utilisé. Les filières échantillonnées ciblaient principalement le homard et le tourteau. Aussi, les données concernant les araignées ne sont pas complètes, et ce modèle n'a pas pu être utilisé pour cette espèce.

Protocole de collecte des données

Sur la zone Nord Cotentin (Figure 2.5), préalablement identifiée comme une des zones principales des captures de homard et tourteau en Manche Est - Mer du Nord, 9 marées ont été organisées entre le 30 mai et le 24 juin 2022, sur 3 bateaux différents.

Au cours de ces embarquements, la capture d'au minimum 1 filière sur 3 en homard et tourteau a été mesurée. Lorsque le temps le permettait, ou lorsqu'il était possible pour le bateau d'embarquer 2 observateurs, la capture en homard et tourteau de l'ensemble des filières, et la capture d'araignée a pu être mesurée.

Modèle LBSPR

Le modèle LBSPR (Length Based Spawning Potential Ratio) se base sur la relation entre les paramètres M/k (M : mortalité naturelle, k paramètre de la relation de von Bertalanffy), F/M (F : mortalité de pêche, M : mortalité naturelle) et L_m/L_{inf} (L_m : taille pour laquelle 50% des individus sont matures, L_{inf} : taille asymptotique de la relation de von Bertalanffy) pour estimer le ratio potentiel de frai (SPR)²⁷⁴. Un stock est considéré comme n'étant pas surexploité si son SPR est supérieur à 40% (équation 4).

$$(4) \quad \text{SPR} = \frac{\sum (1-\tilde{L}_x)^{(M/k[(F/M)+1])} \tilde{L}_x^b}{\sum (1-\tilde{L}_x)^{M/k} \tilde{L}_x^b} \quad \text{for } x_m \leq x \leq 1.$$

SPR: ratio potentiel de frai, L_x : taille standardisé à l'âge x , M : mortalité naturelle, k : paramètre de croissance de la relation de von Bertalanffy, F : mortalité de pêche, L_x^b : poids standardisé à l'âge x (en faisant l'hypothèse que b environ égal à trois pour la majorité des espèces).

Les paramètres utilisés par espèce pour les modèles en taille sont eux aussi présentés dans la table 2.8.

Table 2.8 - Paramètres d'histoire de vie du homard, tourteau et de l'araignée utilisés pour les modèles de production ; r taux de croissance intrinsèque, M/k ratio entre la mortalité de pêche et le paramètre k de la relation de Von Bertalanffy, L_{inf} taille asymptotique de la relation de Von Bertalanffy, L_{50} taille à laquelle 50% des individus sont matures.

Espèce	r	M/k	L_{inf}	L_{50}
<i>Homarus gammarus</i>	0.37 ¹¹⁶	0.2/0.25 ²⁵¹	130M/136F ¹²¹	97 F ¹²¹
<i>Cancer pagurus</i>	0.46 ²⁷⁵	0.485/0.42 ²⁷⁶	232 M/ 210 F ¹²¹	137 F ¹²¹
<i>Maja brachydactyla</i>				

Résultats

Pour l'ensemble des résultats suivants, les données utilisées correspondent aux données uniquement pour les marées ayant utilisé le casier à gros crustacés comme engin de pêche (code FAO : FPO_CRU). Entre 2000 et 2022, il est l'engin principal responsable des captures de homard (83.44%) et tourteau (85.39%) en Manche, et des captures de homard (85.39%), tourteau (88.40%) et araignée (65.42%) en Manche Est Mer du Nord (Table 2.9). Le projet MECANOR² se focalise sur les dynamiques des métiers du casier, aussi il a été choisi dans le cadre de ce programme de ne tenir compte que des données correspondant à cet engin, qui est l'engin principal utilisé pour la pêche des gros crustacés sur la façade maritime considérée.

Table 2.9 - Proportion des 3 métiers principaux (codes FAO ²⁷⁷) responsables des captures de homard, araignée et tourteau en Manche (VIIe, VIId et IVc) et en Manche Est Mer du Nord (VIId et IVc) en terme de poids des captures et de marées, entre 2000 et 2022

	HOMARD		TOURTEAU		ARAIGNEE	
	Manche	MEMdM	Manche	MEMdM	Manche	MEMdM
% captures	FPO_CRU (83,44%)	FPO_CRU (85,39%)	FPO_CRU (77,40%)	FPO_CRU (88,40%)	GNS_CRU (64,73%)	FPO_CRU (65,42%)
	FPO_MOL (5,87%)	FPO_MOL (4,09%)	GTR_DEF (11,34%)	GTR_DEF (5,23%)	FPO_CRU (22,98%)	GTR_DEF (8,93%)
	GTR_DEF (3,77%)	GTR_CRU (3,60%)	GNS_DEF (4,81%)	FPO_MOL (2,56%)	GTR_DEF (3,04%)	GNS_CRU (7,93%)
% marées	FPO_CRU (54,31%)	FPO_CRU (64,37%)	FPO_CRU (48,88%)	FPO_CRU (62,20%)	FPO_CRU (37,73%)	FPO_CRU (55,97%)
	OTB_DEF (14,47%)	GTR_DEF (10,24%)	GTR_DEF (17,24%)	GTR_DEF (20,56%)	GNS_CRU (15,64%)	GTR_DEF (17,05%)
	GTR_DEF (9,52%)	OTB_DEF (8,72%)	OTB_DEF (9,38%)	FPO_MOL (4,22%)	GTR_DEF (11,05%)	OTB_DEF (8,15%)

Homard

Captures

Les captures représentées dans ce rapport sont les captures réalisées au casier. Cet engin correspond à 54.31% du total des marées déclarées, et 83.44% des captures pour cette espèce en Manche entre 2000 et 2022, et 64.37% du total des marées déclarées, et 85.39% des captures pour cette espèce en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2022.

En Manche, les captures de homard s'élèvent à 380 t en 2020. La capture totale augmente sur la période 2000 à 2014 (100 t contre 490 t) avant de décroître de 2015 (460 t) à 2020 (420 t) (Figure 2.7).

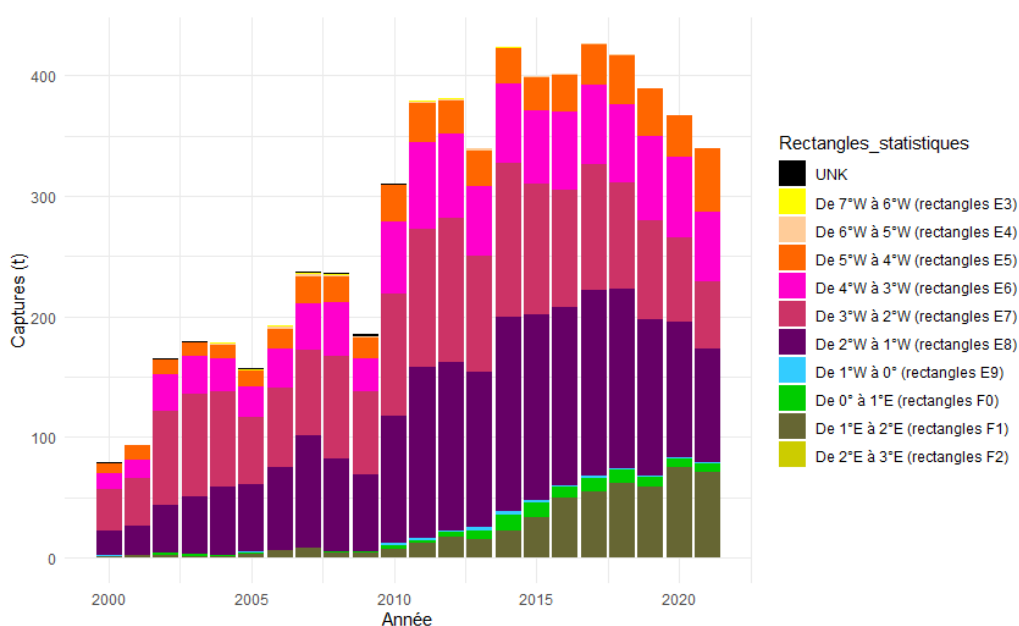


Figure 2.7 - Captures de homard réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

A l'échelle de la Manche Est - Mer du Nord, cette valeur augmente fortement sur la période considérée de 12 t à 130 t (Figure 2.8) du fait de l'émergence d'une pêcherie sur le secteur des Hauts de France (à partir des années 2010).

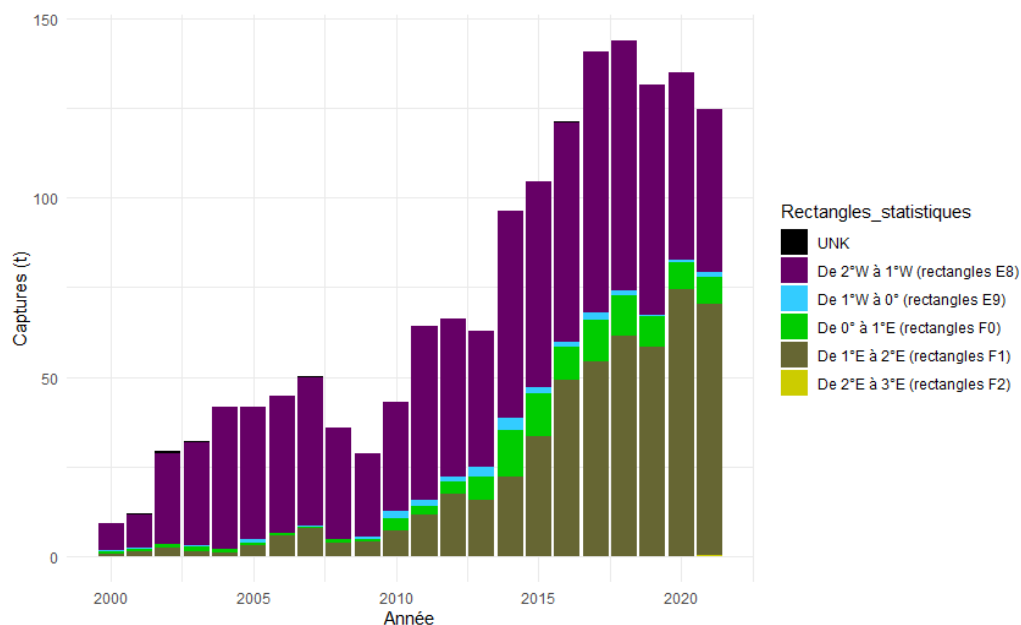


Figure 2.8 - Captures de homard réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Les captures totales de homard s'élèvent respectivement à 11 t en 2000 contre 49 t en 2020 pour la zone Nord Cotentin et moins d'une tonne en 2000 contre 82 t en 2020 pour la zone Hauts-de-France. Pour la zone Nord Cotentin les captures totales augmentent de manière régulière entre 2000 et 2017 (11 à 70 t), depuis 2017 ces valeurs diminuent, bien que restant nettement supérieures à celles du début de la période d'étude (Figure 2.9).

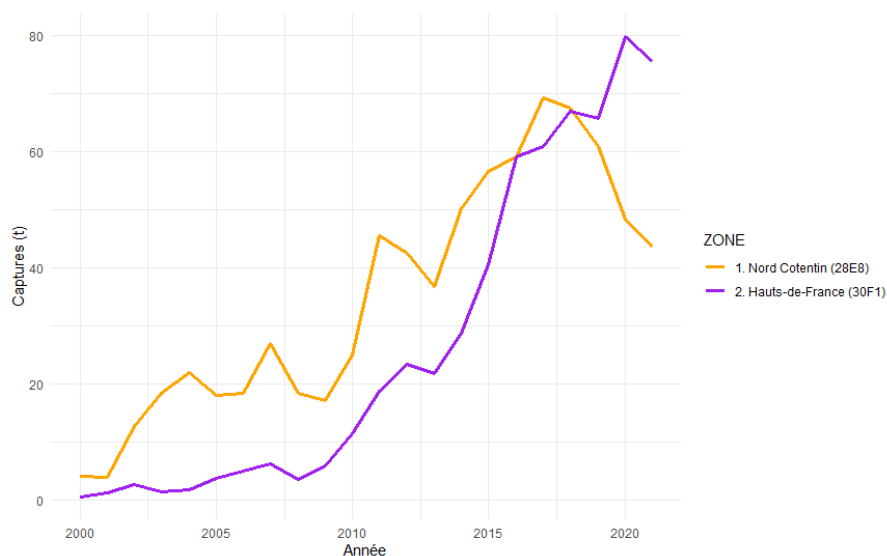


Figure 2.9 - Variation des captures de homard en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune), et Hauts de France (violet), données SACROIS

On constate donc une augmentation généralisée des captures sur la Manche Est durant la période d'étude avec la multiplication par 5 des captures totales sur la zone Cotentin et l'apparition d'une nouvelle pêcherie sur les Hauts de France à partir de 2010.

Les captures de homard sont fortement saisonnières avec un pic printanier (mai juin) et une baisse des captures durant l'hiver, notamment en janvier et mars (Figures 2.10 et 2.11).

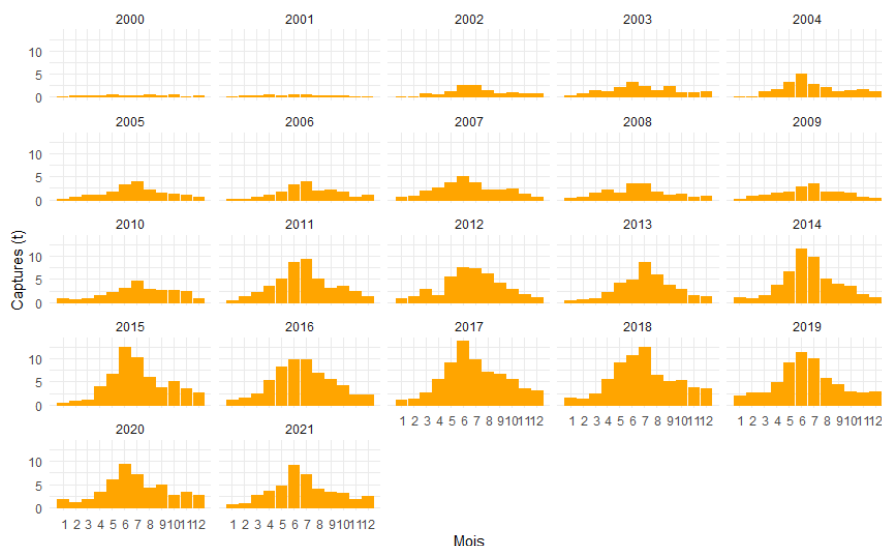


Figure 2.10 - Variations mensuelles des captures de homard en tonnes sur la zone Nord Cotentin entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

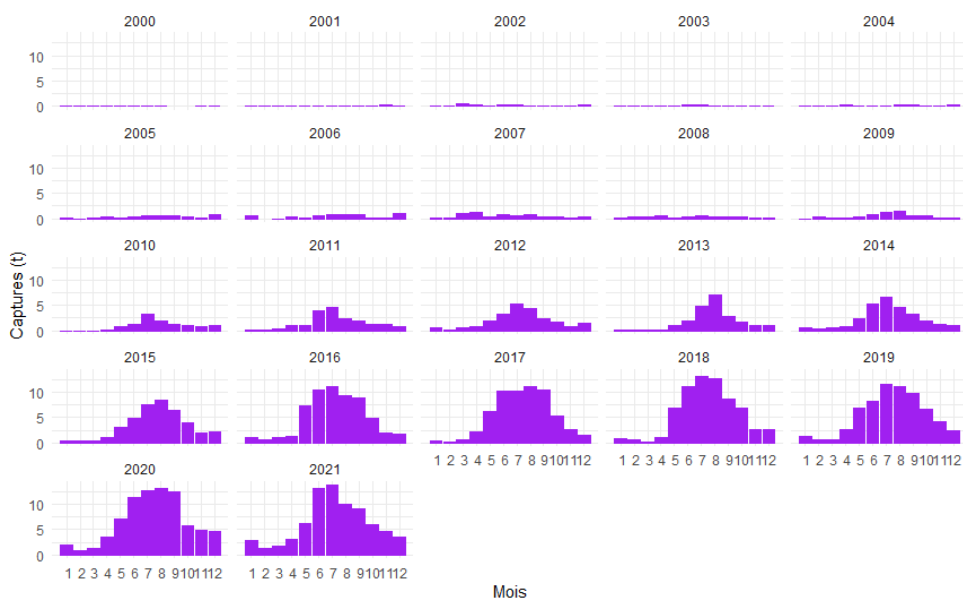


Figure 2.11 - Variations mensuelles des captures de homard en tonnes sur la zone Hauts-de-France entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Effort

L'effort quantifié en nombre de jours de mer grâce aux calendriers d'activité est caractérisé sur la zone Nord Cotentin par une augmentation sur la période 2002-2006 suivi d'une chute entre 2007 et 2008, et d'une nouvelle augmentation en 2010. L'effort reste relativement stable entre 2011 et 2015 pour réaugmenter en 2019 et chuter à nouveau en 2020. Cette dernière chute est probablement liée à l'épisode covid de 2020. Sur l'ensemble de la période, la tendance générale de l'effort montre une augmentation d'un facteur 1.5 (2000 jours de pêche en 2000 contre 3200 en 2019).

Pour la zone Hauts de France, la dynamique de l'effort est plus régulière, avec une augmentation à partir des années 2010 (1000 jours de pêche) un maximum en 2017 (3300 jours de pêche) et une stabilisation autour de ce maximum jusqu'en 2020 (3200 jours de pêche) (Figure 2.12).

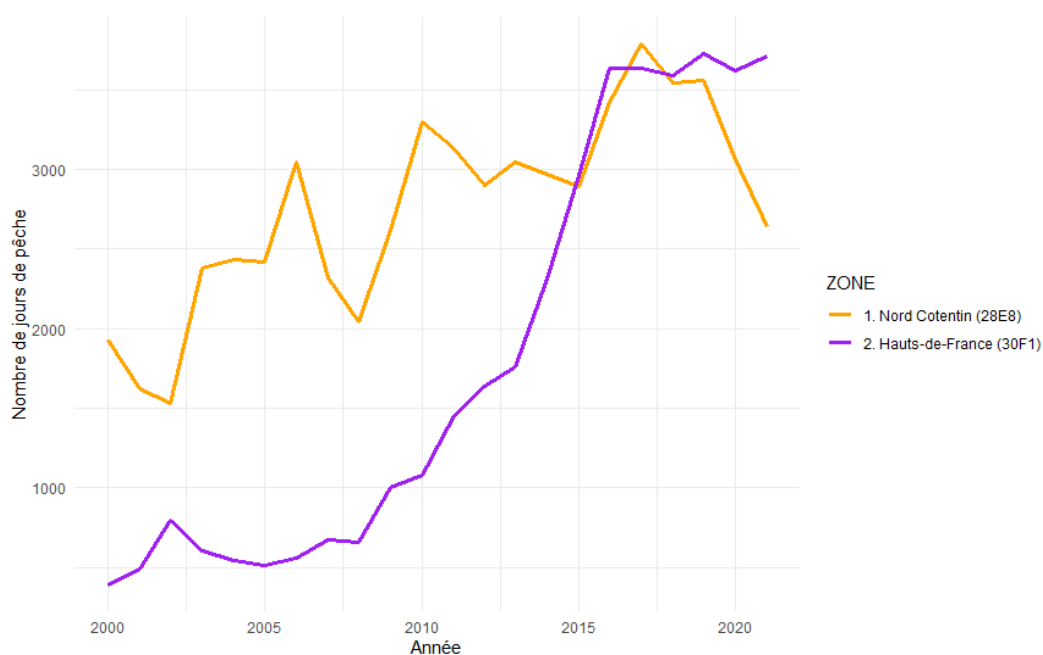


Figure 2.12 - Variation de l'effort de la flottille homard en nombre de jour de mer de 2000 à 2021 pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts de France (violet), corrigées via l'approche glm

CPUE

Les CPUE (en kg/jour de pêche) des deux zones considérées sont estimées par le croisement des données de captures issues de SACROIS et les données d'effort en nombre de jours de mer issues de l'analyse des calendriers d'activité. Ces CPUE augmentent au cours de la période d'étude, de 3 kg (2001) à 21 kg (2015) par jour de pêche pour la zone Nord Cotentin et de 2 kg (2000) à 25 kg (2020) par jour de pêche pour les Hauts de France. Les valeurs finales de CPUE dans les Hauts-de-France sont supérieures à celles estimées dans le Cotentin (Figure 2.13).

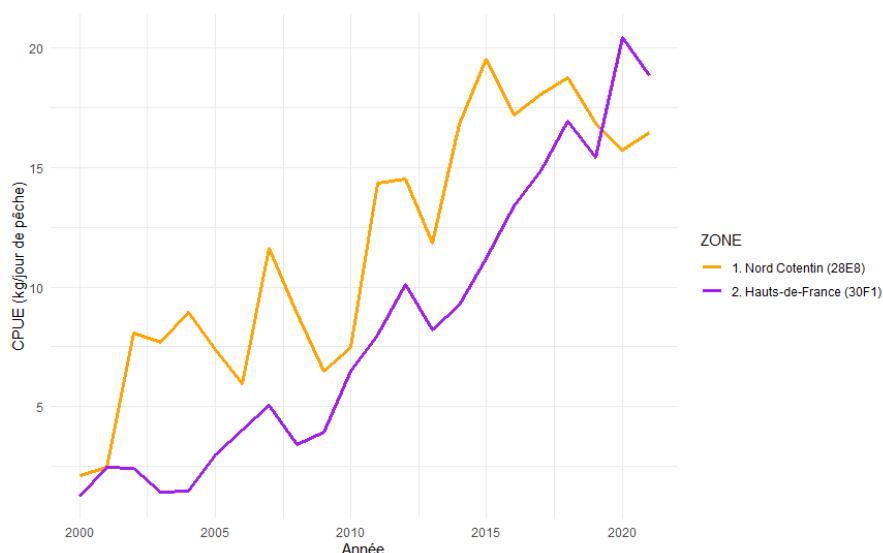


Figure 2.13 - Variation des CPUE de homard en kilogrammes par jours de mer, pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts-de-France (violet).

Modèles de production

Le détail des résultats de chacun des modèles de production, correspondant à la numérotation présentée dans l'Annexe 6 sont disponibles dans l'Annexe 9. Des problèmes de convergences ont mené à l'exclusion de certains runs de JABBA. D'autres part, certains des runs de SPiCT présentent des problèmes de résidus. Ces derniers n'ont pas été exclus des récapitulatifs mais doivent cependant être considérés avec précaution. Pour le homard les valeurs estimées pour le Cotentin et les Hauts de France indiquent une biomasse relative supérieure à 1 B_{MSY} pour l'ensemble des modèles et une mortalité de pêche relative inférieure à 1 F_{MSY} pour l'ensemble des modèles (Figure 2.14).

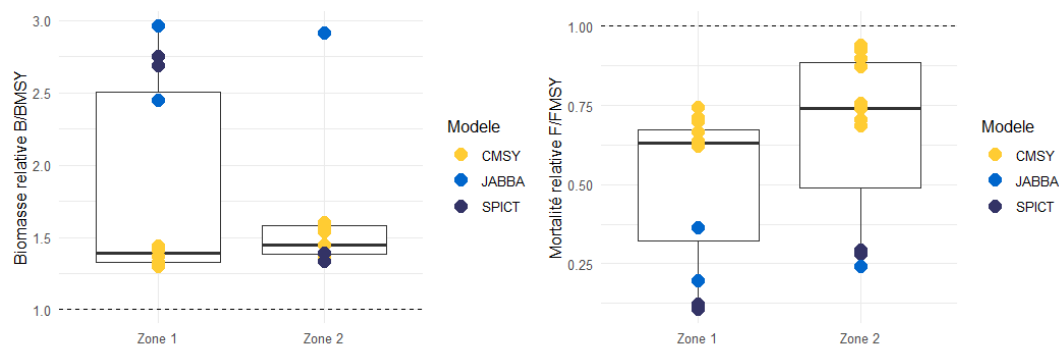


Figure 2.14 - Résultats de la sélection de modèle de production des populations de homard des deux zones d'intérêt, 1 : Nord Cotentin et 2 : Hauts-de-France. La biomasse relative par zone à gauche (B/BMSY, biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/FMSY, mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Les kobe plots retracent les niveaux d'exploitation d'une espèce ²⁷⁸. Dans le Nord Cotentin, entre 2000 et 2020 on constate une baisse de la biomasse relative à la biomasse au RDM, corrélée à une augmentation de la mortalité par pêche. Dans les Hauts-de-France, la biomasse augmente légèrement puis baisse à des niveaux légèrement inférieurs à ceux observés dans les années 2000. La mortalité par pêche augmente fortement sur la période considérée (Figure 2.15).

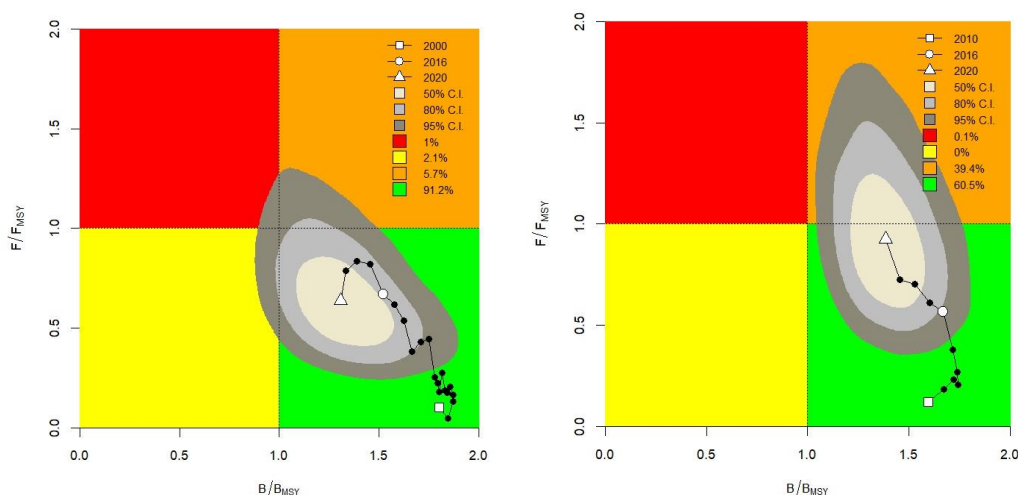


Figure 2.15 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du homard dans les deux zones considérées, Nord Cotentin à gauche et Hauts-de-France à droite entre 2000 et 2020

Modèles structurés en taille

Le LPUE moyen obtenu sur la base des données MECANOR² est de 25 kilogrammes pour cent casiers, dans la zone Nord Cotentin. D'autre part, en moyenne 58 % de la capture est retenue. Les individus capturés sont compris entre 54 et 189 mm (Figure 2.16).

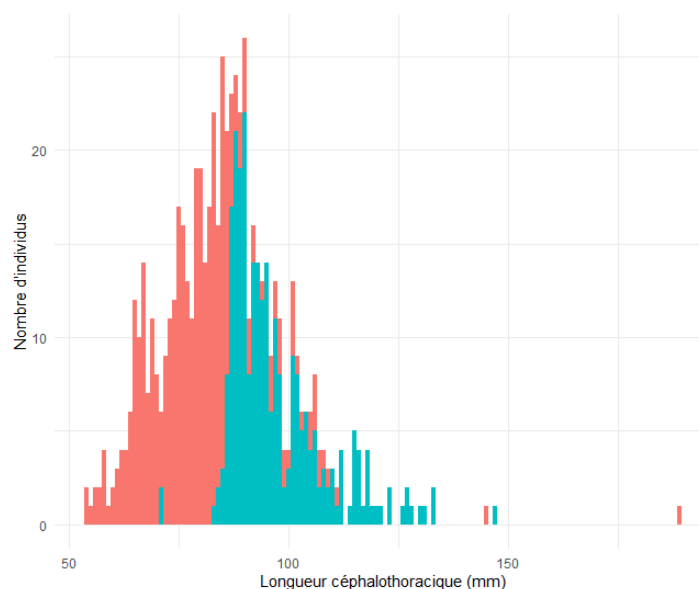


Figure 2.16 - Structure en taille (nombre d'individus en fonction de la longueur céphalo-thoracique en mm) des homards sur la base des données MECANOR² sur la zone Nord Cotentin ; en rouge la partie non retenue, en bleu la partie des captures retenue (n = 644)

Sur la base de l'échantillonnage MECANOR² et des paramètres biologiques du homard, le ratio potentiel de frais du stock de homard du Cotentin a été estimé à 12%. Cette valeur est nettement inférieure la valeur cible de 40% et est principalement dû au nombre limité d'individus de grandes tailles (Figure 2.17).

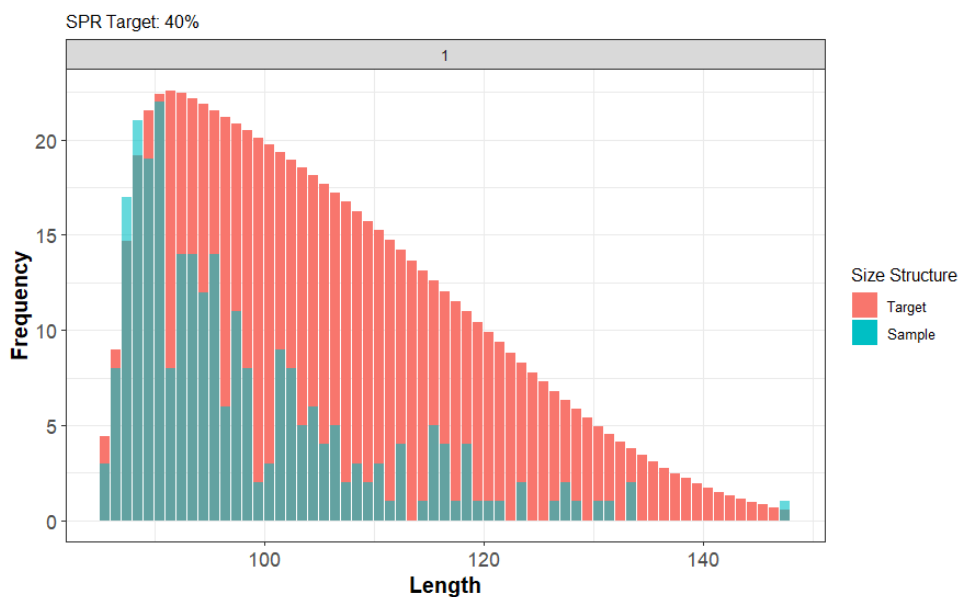


Figure 2.17 - Sortie du modèle LBSPR issue des fréquences en taille de homard en Nord Cotentin sur la période considérée

Tourteau

Captures

Les captures représentées dans ce rapport sont les captures réalisées au casier. Cet engin correspond à 48.88% du total des marées déclarées, et 77.40% des captures pour cette espèce en Manche entre 2000 et 2022, et 62.20% du total des marées déclarées, et 88.40% des captures pour cette espèce en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2022.

En Manche, les captures de tourteau s'élèvent à 1200 t en 2020. La capture totale varie entre 1600 t et 2400 t sur la période 2000 à 2014, puis chute de 2015 (1700 t) à 2020 (1200 t) (Figure 2.18).

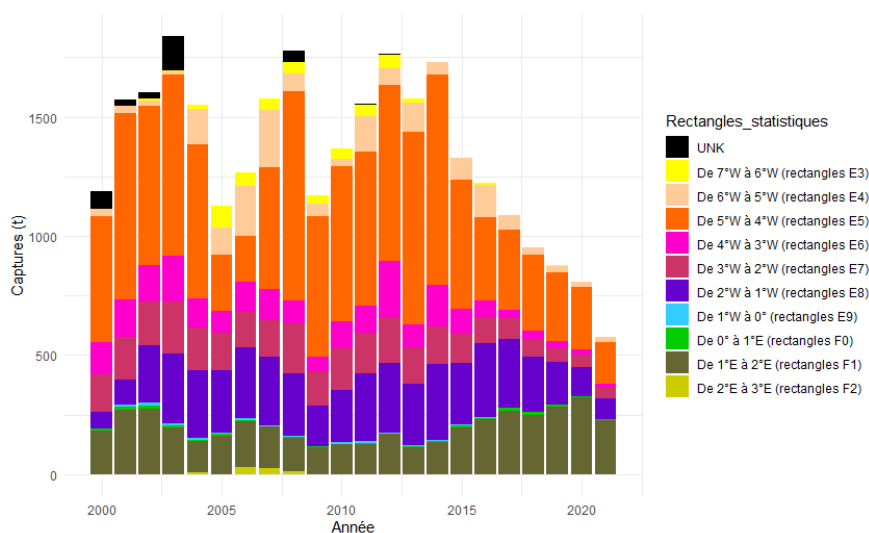


Figure 2.18 - Captures de tourteau réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

A l'échelle de la Manche Est, cette valeur reste stable sur la période considérée de 500 t en 2000 à 530 t en 2020. Cependant on observe des valeurs plus faibles en 2009 (280 t), 2010 (310 t) et 2013 (320 t) (Figure 2.19).

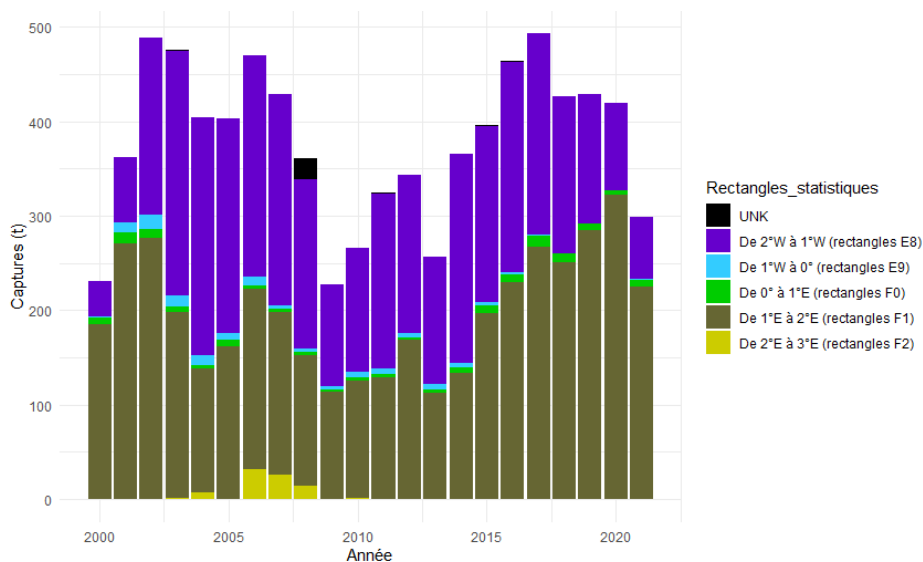


Figure 2.19 - Captures de tourteau réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Cette stabilité est contrastée par un changement de la répartition des zones de pêche. Ce changement se caractérise par une bascule progressive des captures vers l'extrême Est de la Manche et une diminution des captures de la zone 28E8, zone prévalente au début de la période d'étude.

Sur la zone Nord Cotentin, la capture totale de tourteaux est caractérisée par des valeurs élevées de 2003 à 2007 (240 t), suivie d'une chute en 2008 et 2010 (180 t à 130 t), d'un rebond entre 2011 et 2017 (190 t à 230 t) et d'une seconde chute de 2018 à 2020 (170 t à 90 t). Pour la zone Hauts-de-France, on observe une chute de la capture totale de 2001 à 2004 (360 t à 130 t), des captures stables à un niveau très bas de 2005 à 2013 (180 t à 150 t) et d'une augmentation de 2014 à 2020 (200 t à 410 t) (Figure 2.20).

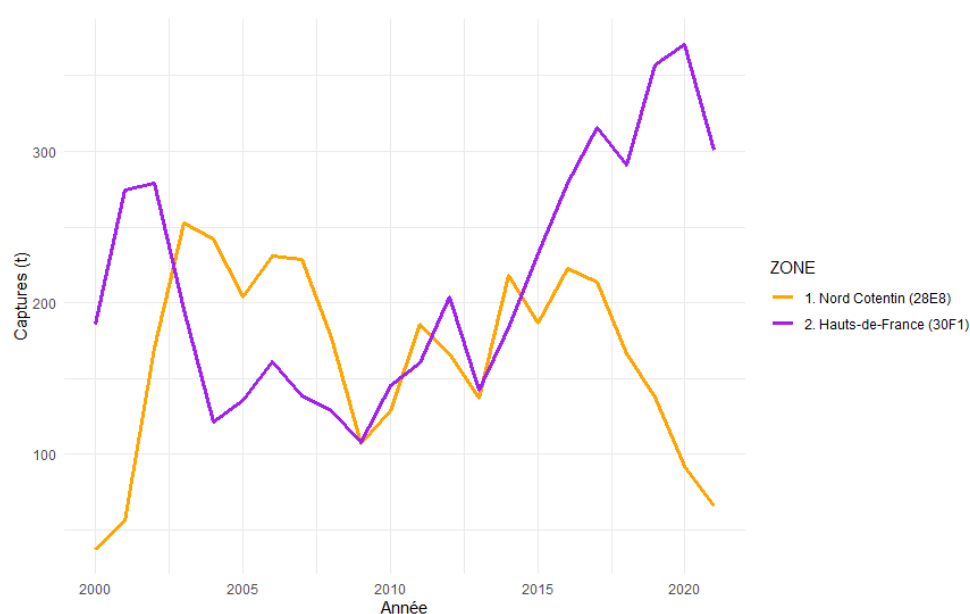


Figure 2.20 - Variation des captures de tourteau en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts de France (violet), données SACROIS

L'augmentation récente des captures en Hauts-de-France est probablement liée à l'émergence de la pêche aux casiers visant aussi le homard. A l'inverse, les captures élevées du début de la série sont probablement liées à une activité de pêche qui n'est, en 2020, plus présente sur la zone, caractérisée par des navires venant de la Bretagne Nord et pêchant plus au large.

Dans les deux zones, les captures de tourteau sont fortement saisonnières, avec un pic à partir de juin et jusqu'en décembre pour les fêtes de fin d'année (Figures 2.21 et 2.22).

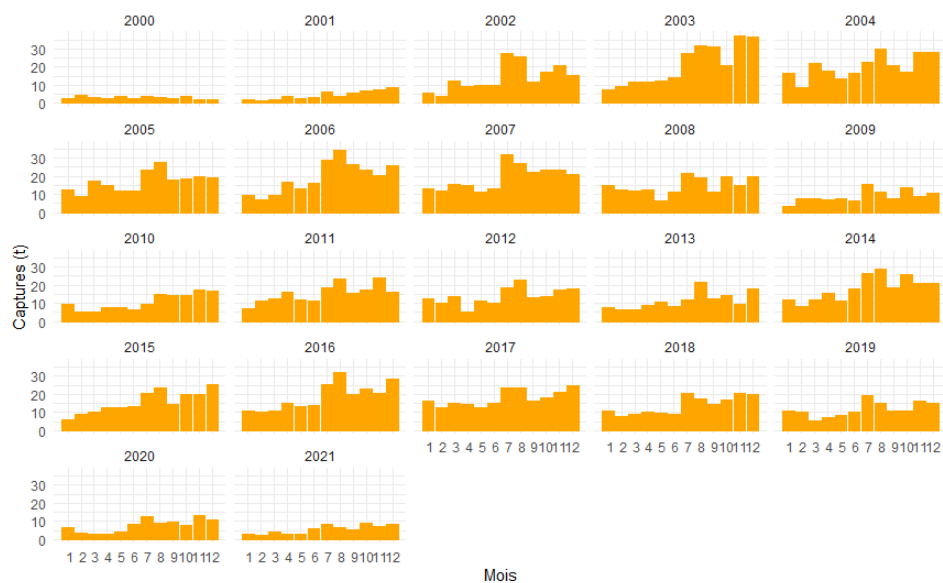


Figure 2.21 - Variations mensuelles des captures de tourteau en tonnes sur la zone Nord Cotentin entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

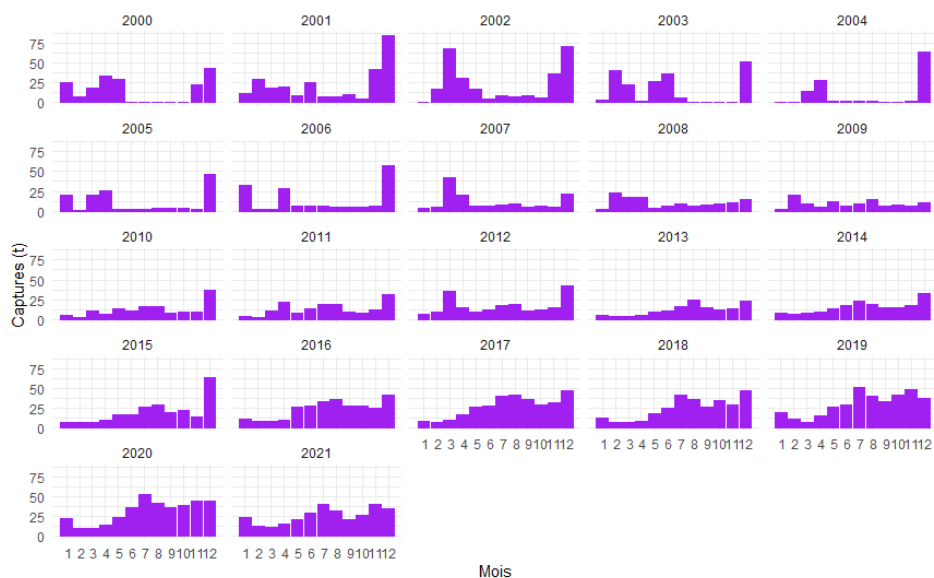


Figure 2.22 - Variations mensuelles des captures de tourteau en tonnes sur la zone Hauts-de-France entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Effort

L'effort quantifié en nombre de jours de mer grâce aux calendriers d'activité est caractérisé sur la zone Nord Cotentin par 3 pics d'augmentation de l'effort suivis de baisses : de 2001 à 2008 (de 1659 à 1793, avec un pic en 2003 à 2859 jours de pêche), de 2008 à 2015 (de 1793 à 2629, avec un pic en 2010 à 3267 jours de pêche) puis de 2015 à 2021 (de 2629 à 2631, avec un pic en 2017 à 3586 jours de pêche).

Pour la zone Hauts de France, la dynamique de l'effort est plus régulière, avec une augmentation à partir de 2009 (1058 jours de pêche) un maximum en 2017 (3639 jours de pêche) et une stabilisation autour de ce maximum jusqu'en 2021 (Figure 2.23).

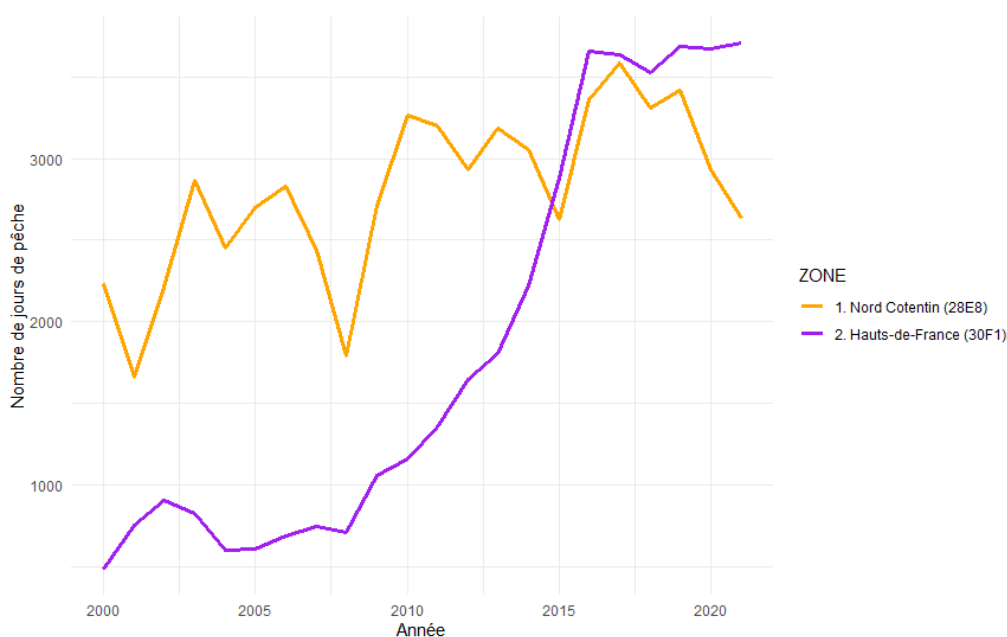


Figure 2.23 - Variation de l'effort de la flottille tourteau en nombre de jour de mer de 2000 à 2021 pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts de France (violet), corrigées via l'approche glm

CPUE

Les CPUE estimées sur la base de l'approche glm des calendriers d'activité sont estimés en kg par jour de pêche. Dans la zone Nord Cotentin, les CPUE sont stables autour de 100 kg par jour entre 2002 (76 kg/jour) à 2008 (97 kg/jour), puis baissent en 2009 à 37 kg/jour pour se stabiliser autour de 50 kg/jour jusqu'en 2017. Depuis 2017, le CPUE est en baisse pour atteindre en 2021 la valeur de 24 kg/jour de pêche.

Dans les Hauts-de-France, entre 2000 et 2010, les CPUE traduisent la dynamique de la flottille bretonne qui venait pêcher les crustacés dans les Hauts-de-France. A partir de 2010, la pêche de gros crustacés par les bateaux des Hauts-de-France se développe et se traduit par des CPUE autour de 100 kg/jour entre 2010 et 2012, puis des CPUE stables à partir de 2013 autour de 50 à 75 kg/jour (Figure 2.24).

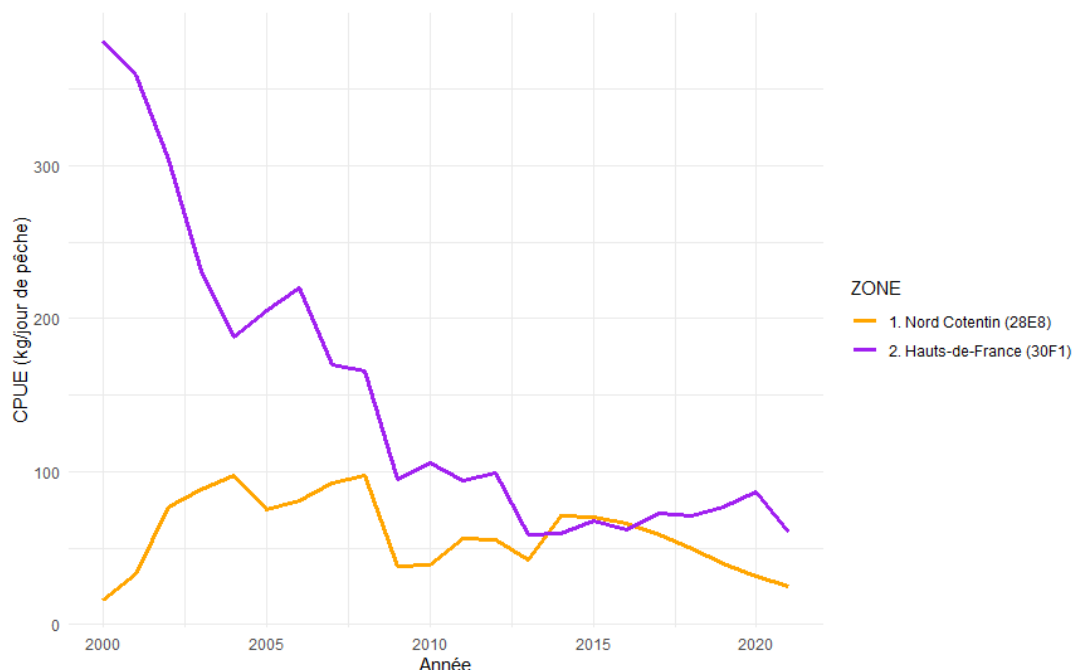


Figure 2.24 - Variation des CPUE de tourteau en kilogrammes par jours de mer, pour les deux zones d'intérêt, Nord Cotentin (jaune) et Hauts-de-France (violet)

Modèles de production

Le détail des résultats de chacun des modèles de production, correspondant à la numérotation présentée dans l'Annexe 6 sont disponibles dans l'Annexe 9. Des problèmes de convergences ont mené à l'exclusion de certains runs de JABBA. D'autres part, certains des runs de SPiCT présentent des problèmes de résidus. Ces derniers n'ont pas été exclus des récapitulatifs mais doivent cependant être considérés avec précaution.

Les indicateurs montrent pour la zone Nord Cotentin une biomasse relative inférieure à 1 B_{MSY} pour l'ensemble des modèles et une mortalité de pêche relative médiane supérieure à 1 F_{MSY} , indiquant un en mauvais état et toujours surexploité.

Pour les Hauts de France la biomasse relative est supérieure à 1 B_{MSY} et la mortalité relative de pêche très proche de 1 F_{MSY} . Pour ces deux zones, la biomasse relative suit une tendance à la baisse sur les 5 dernières années (2016-2020) (Figure 2.25).

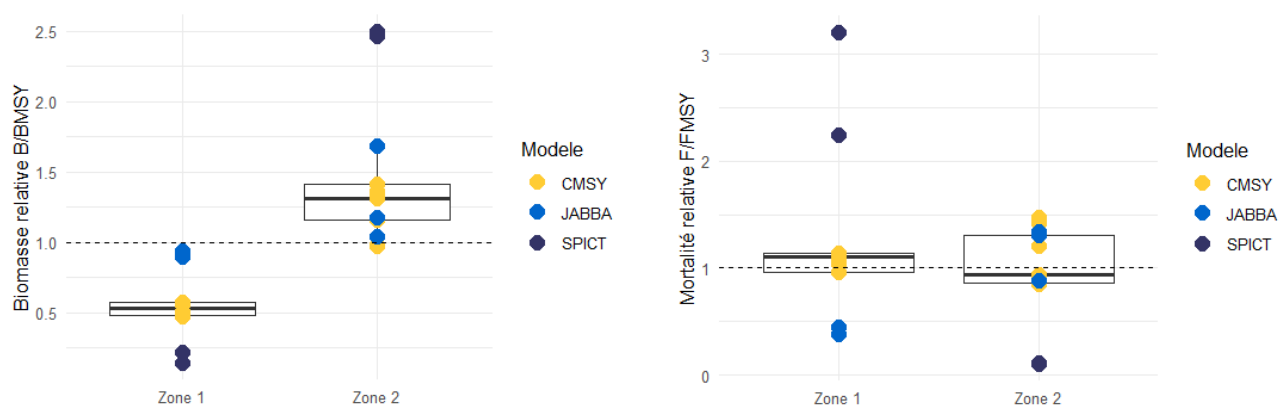


Figure 2.25 - Résultats de la sélection de modèle de production des populations de tourteau des deux zones d'intérêt, 1 : Nord Cotentin et 2 : Hauts-de-France. La biomasse relative par zone à gauche ($B/BMSY$, biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite ($F/FMSY$, mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Les kobe plots retracent les niveaux d'exploitation d'une espèce ²⁷⁸. Dans le Nord Cotentin, entre 2000 et 2020 on constate une baisse de la biomasse relative à la biomasse au RDM, corrélée à une augmentation de la mortalité par pêche. Depuis quasiment le début de la série temporelle, le stock de tourteau se situe dans la zone en rouge, où les niveaux de biomasse relative sont inférieurs à 1 et la mortalité par pêche relative est supérieure à 1. Dans les Hauts-de-France, la biomasse relative augmente légèrement puis reste globalement stable sur la fin de la série. La mortalité par pêche augmente fortement sur la période considérée, sans pour autant franchir la limite de la mortalité par pêche au RMD (Figure 2.26).

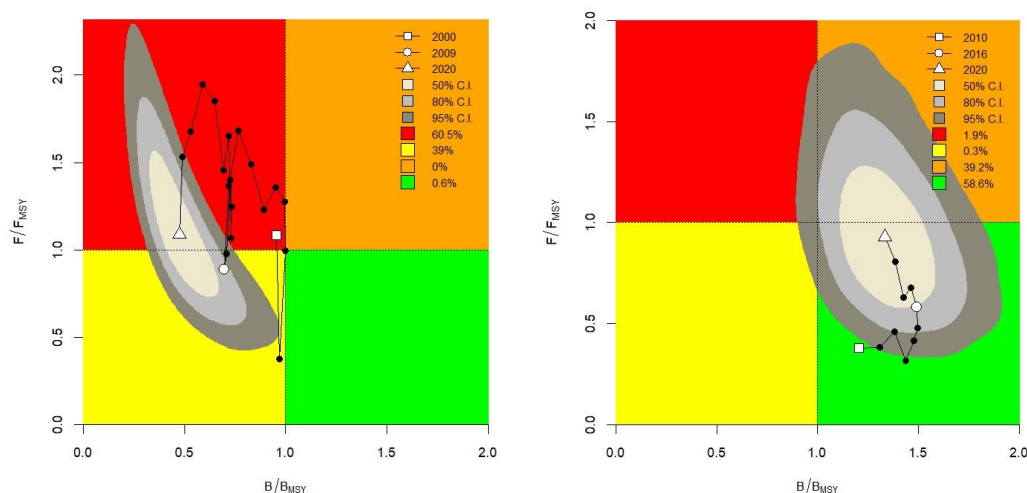


Figure 2.26 - Exemples de kobe plot retraçant l'exploitation du homard dans les deux zones considérées, Nord Cotentin à gauche et Hauts-de-France à droite entre 2000 et 2020

Modèles structurés en taille

Le LPUE (Débarquement par unité d'effort) moyen obtenu sur la base des données collectées en mer via le projet MECANOR² est de 22.6 kilogrammes pour cent casiers. D'autre part, en moyenne 42 % de la capture est retenue. Les rejets sont composés d'individus hors taille, mais aussi des tourteaux clairs qui viennent de muer et sont donc impropres à la vente, car le taux de chair est faible. Les individus capturés sont compris entre 21 et 223 mm (Figure 2.27).

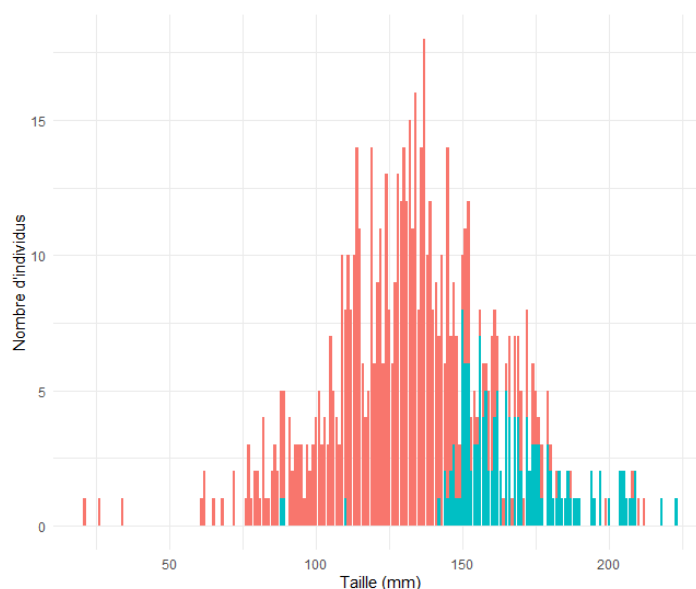


Figure 2.27 - Structure en taille (nombre d'individus en fonction de la longueur céphalothoracique en mm) des tourteaux sur la base des données MECANOR² sur la zone Nord Cotentin ; en rouge la partie non retenue, en bleu la partie des captures retenue (n = 709)

Sur la base de cet échantillonnage et des paramètres biologiques du tourteau, le ratio potentiel de frais du stock de tourteau du Cotentin a été estimé à 45% par le modèle LBSPR. Cette valeur est supérieure à la valeur cible de 40% (Figure 2.28) et surtout à relier à la présence dans l'échantillonnage de nombreux individus de grande taille.

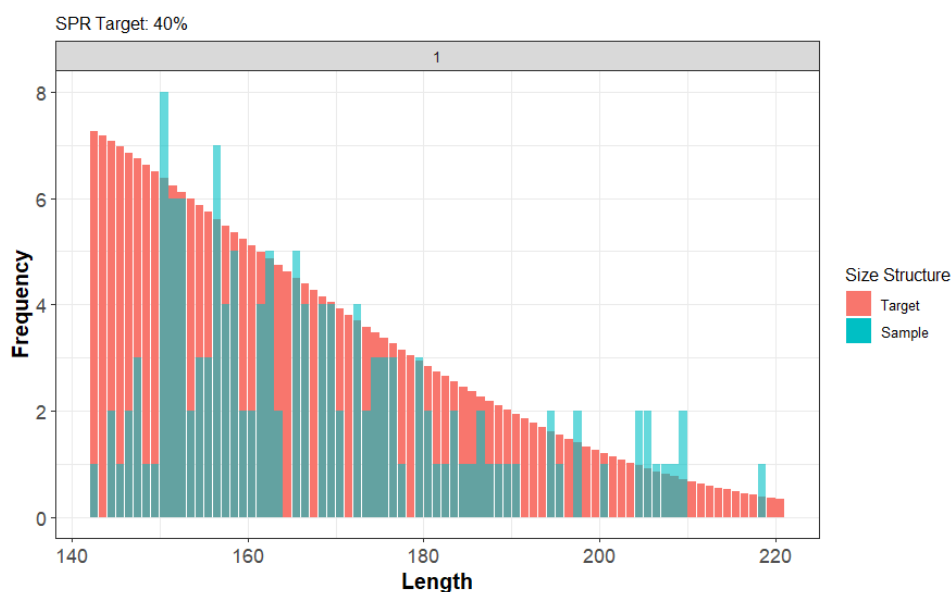


Figure 2.28 - Sorties du modèle LBSPR sur la base des fréquences en taille de tourteau en Cotentin au mois de mai et juin 2022.

Araignée

Captures

Les captures représentées dans ce rapport sont les captures réalisées au casier. Cet engin correspond à 37.73% du total des marées déclarées, et 22.98% des captures pour cette espèce en Manche entre 2000 et 2022, et 55.97% du total des marées déclarées, et 65.42% des captures pour cette espèce en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2022.

En Manche la capture totale d'araignée est stable de 2000 (1700 t) à 2013 (2800 t) puis augmente fortement de 2014 (3200 t) à 2020 (5800 t) (Figure 2.29).

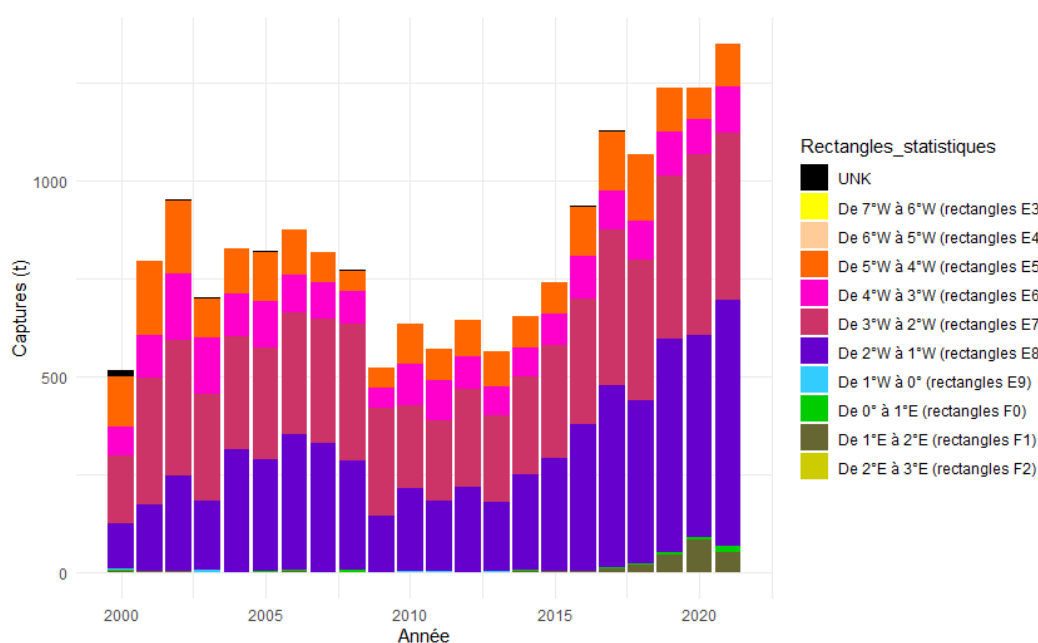


Figure 2.29 - Captures d'araignées réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

A l'échelle de la Manche Est Mer du Nord, cette valeur diminue de 2004 (310 t) à 2015 (70 t) puis augmente à l'inverse de 2016 (110 t) à 2020 (300 t), avec notamment l'apparition de captures sur la zone 30F1 durant cette période (Figure 2.30).

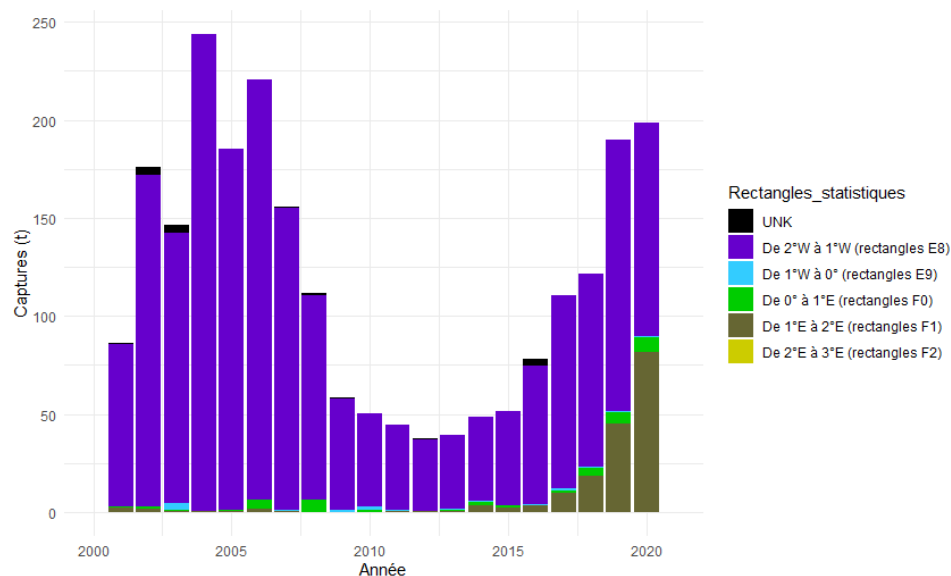
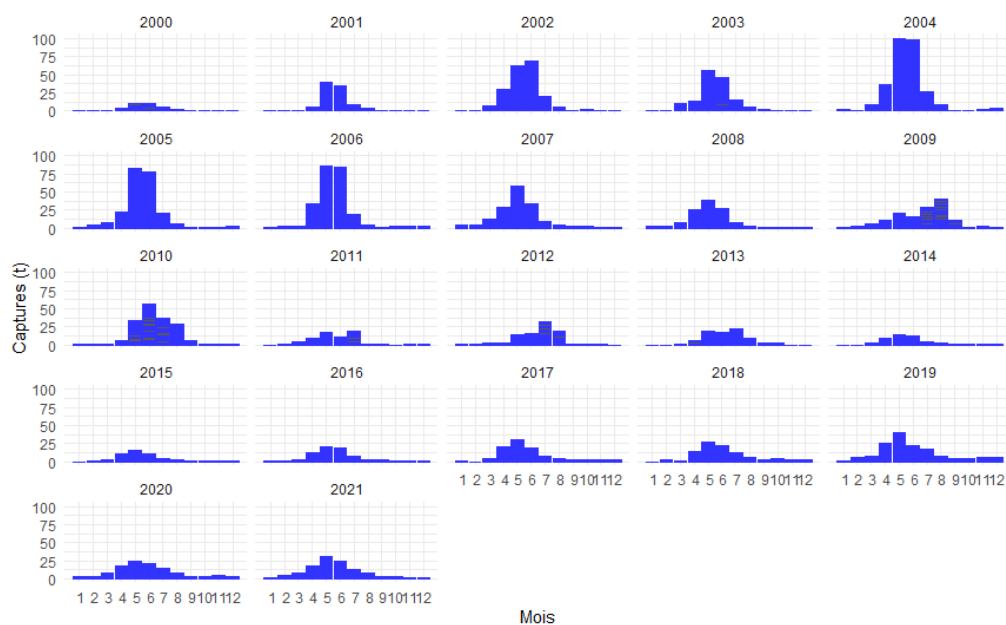


Figure 2.30 - Captures d'araignées réalisées au casier à crustacés (FPO_CRU) en Manche Est Mer du Nord entre 2000 et 2021 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS)

Les captures d'araignées sont fortement saisonnières avec un pic d'avril à août et presque aucune capture en dehors de cette période (Figures 2.31 à 2.33), lié à leur comportement fortement migratoire.



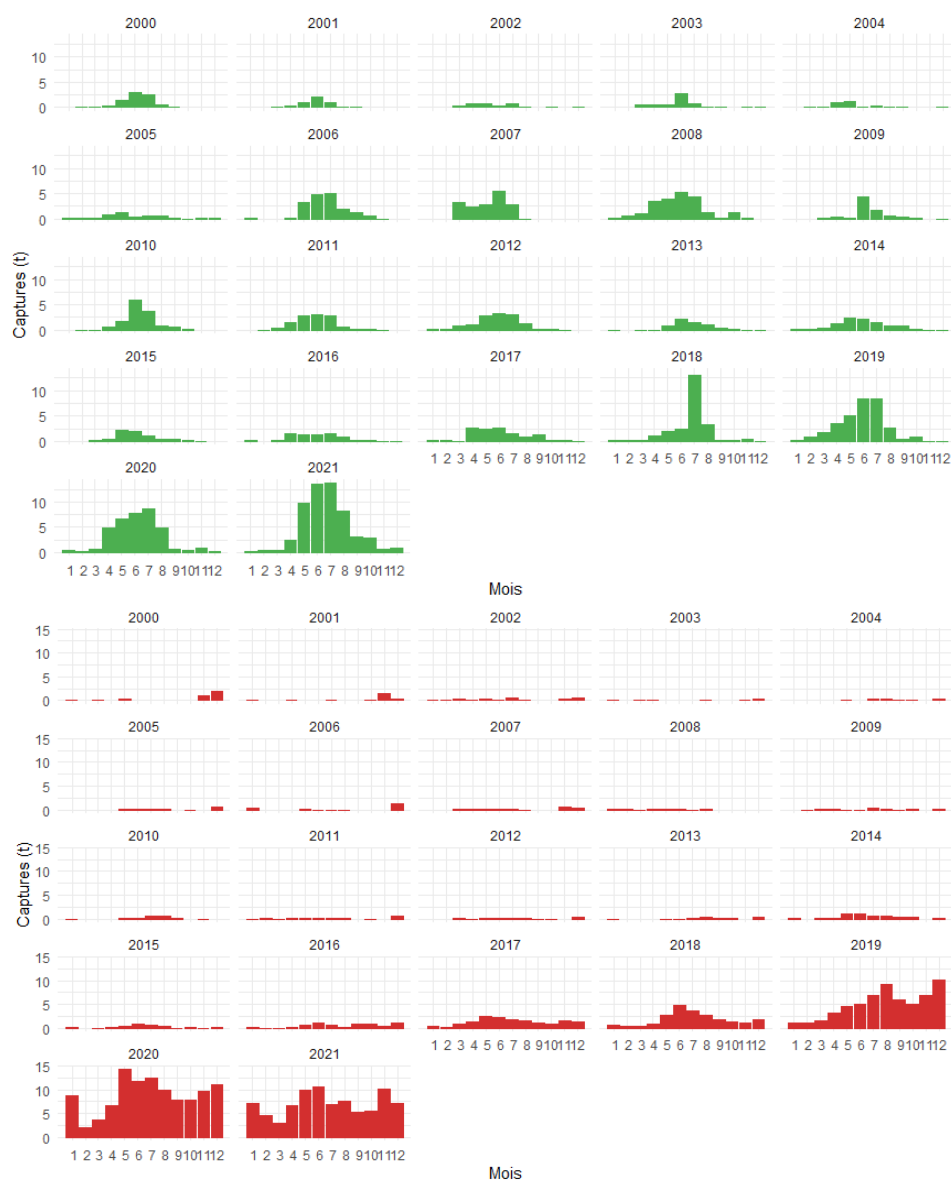


Figure 2.31, 2.32 et 2.33 - Variations mensuelles des captures d'araignées en tonnes sur la zone Nord Cotentin en bleu, Seine Maritime en vert et Hauts-de-France en rouge entre 2000 et 2021 (données SACROIS)

Considérées séparément, sur la zone Nord Cotentin, la capture totale baisse de 2004 (300 t) à 2015 (50 t) et ré-augmente à des niveaux en deçà des précédents de 2016 (80 t) à 2020 (120 t). Sur la zone Seine Maritime, les niveaux de captures sont bas jusqu'en 2016 (7 t) et augmentent de 2017 (12 t) à 2020 (37 t). Finalement sur la zone Hauts de France les captures sont basses jusqu'en 2015 (3 t) et augmentent de manière exponentielle de 2016 (6 t) à 2020 (151 t) (Figure 2.34).

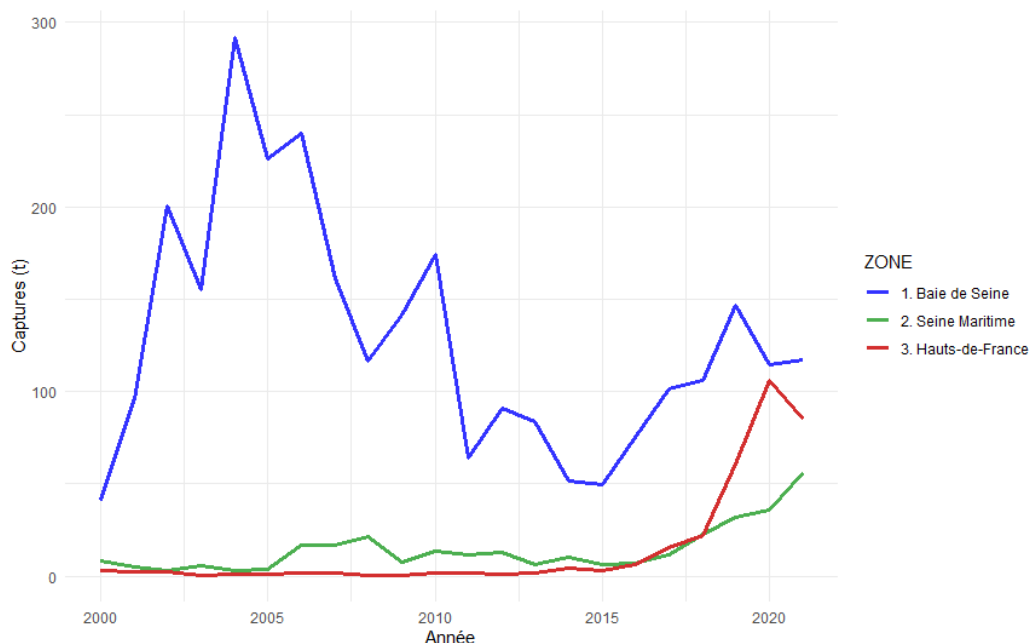


Figure 2.34 - Captures totales corrigées par zone de 2000 à 2021, SACROIS pour le Nord Cotentin (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France (rouge), données corrigées via l'approche glm

Effort

Pour le Nord Cotentin, l'effort estimé via l'approche glm des calendriers chute de 2004 à 2015 avant d'augmenter à des niveaux en deçà de ceux du début de la période d'étude de 2015 à 2020. Pour la Seine Maritime, l'effort varie de manière conséquente d'une année sur l'autre sans suivre de tendance temporelle. Finalement, dans les Hauts de France on retrouve une augmentation conséquente de l'effort à partir de 2015 (Figure 2.35).

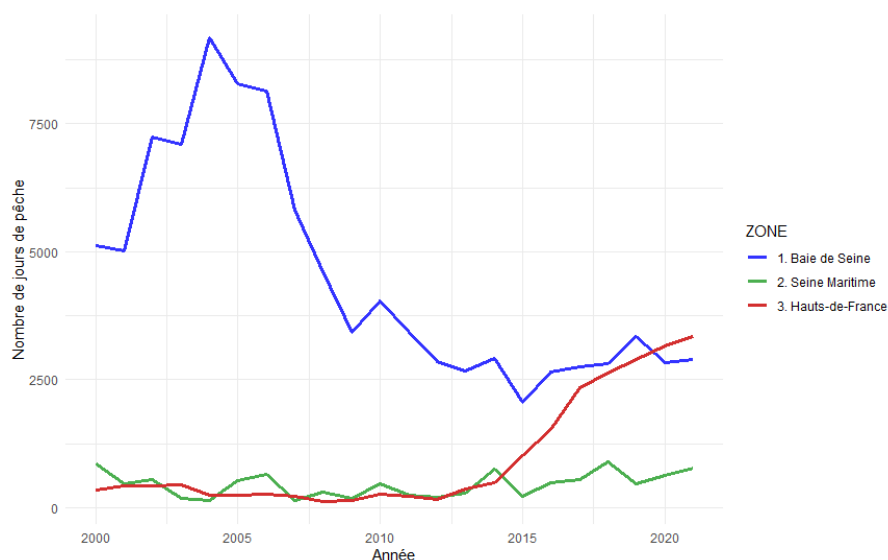


Figure 2.35 - Variation de l'effort de la flottille araignée en nombre de jour de mer de 2000 à 2020 pour les trois zones d'intérêt, Nord Cotentin (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France (rouge), données corrigées via l'approche glm

CPUE

Les CPUE estimées sur la base du croisement des données SACROIS et des calendriers d'activité ne présentent pas de tendance généralisée pour la Nord Cotentin et pour la Seine Maritime (Figure 2.36). Le CPUE associée aux Hauts de France présente lui une tendance à la hausse depuis 2015.

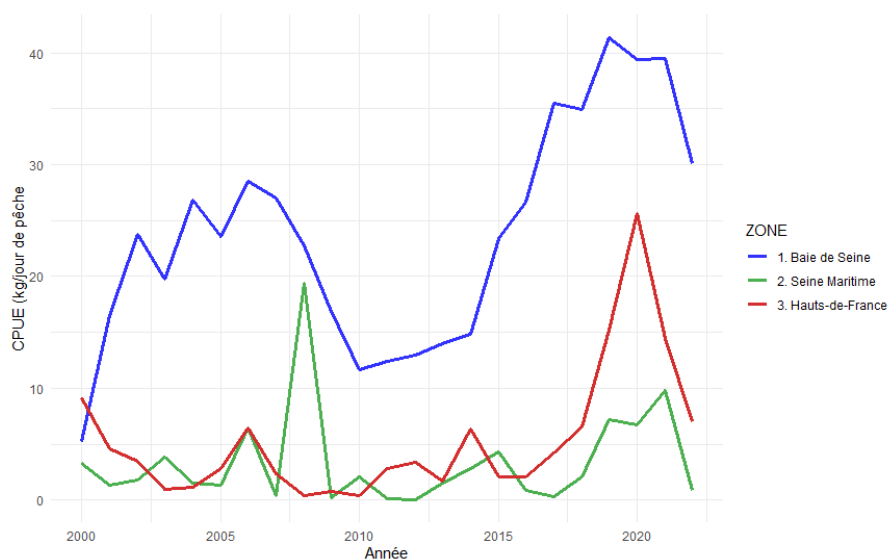


Figure 2.36 - Variation des CPUE d'araignées en kg par jours de mer, pour les trois zones d'intérêt, Nord Cotentin (bleu), Seine Maritime (vert), Hauts-de-France (rouge)

Structure de taille des captures

Si on exclut l'information concernant les filières visant les araignées ou non, le LPUE moyen pour les araignées est de 38 kilogrammes pour 100 casiers. Les individus ont des tailles comprises entre 54 et 187 mm (Figure 2.37).

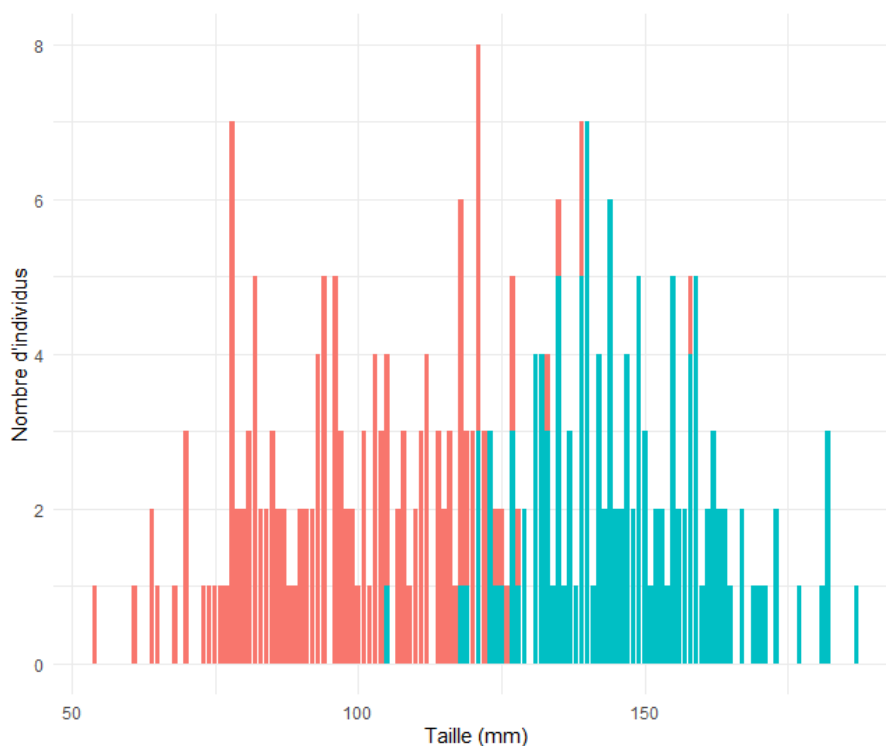


Figure 2.37 - Structure en taille des araignées sur la base des données MECANOR² sur la zone Nord Cotentin ; en rouge la partie non retenue, en bleu la partie des captures retenue

La proportion d'araignées conservées varie fortement entre les filières de 32 à 74%.

Sur la seule filière échantillonnée ciblant spécifiquement les araignées, le LPUE obtenu pour cette filière est de 369 kilogrammes pour cent casiers.

Modèles de production

Les biomasses relatives semblent plus basses en Nord Cotentin qu'en Seine Maritime et dans les Hauts de France, tandis que la mortalité relative de pêche semble la plus élevée dans les Hauts de France, puis en Nord Cotentin et finalement en Seine Maritime (Figure 2.38). Ces résultats sont à considérer avec précaution étant donné les nombreux biais dans les données, développés dans la partie *Discussion*.

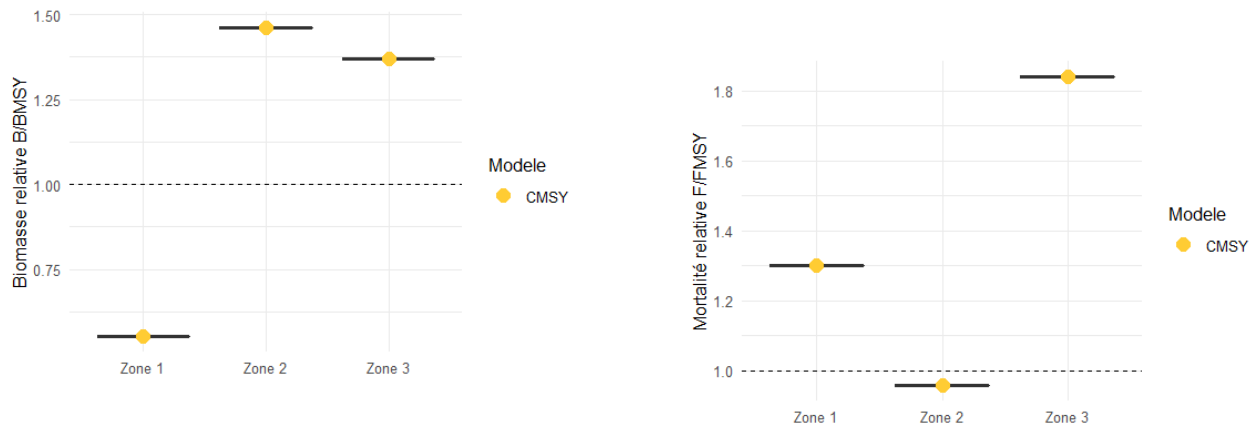


Figure 2.38 - Résultats du modèle de production CMSY des populations d'araignées des deux zones d'intérêt, 1 : Nord Cotentin, et 2 : Seine Maritime, 3 : Hauts-de-France. La biomasse relative par zone à gauche (B/B_{MSY}, biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/F_{MSY}, mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable).

Discussion

Homard et tourteau

La pêche des homards et des tourteaux est une pêche importante qui a commencé à se développer en Nord Cotentin vers les années 2000, et dans les Hauts-de-France dans les années 2015 (Figure 2.10 & 2.20). Les résultats des modèles de productions (Figure 2.14 & 2.25) concernent l'année 2020. Les stocks de homard des 2 zones Nord Cotentin et Hauts-de-France, et de tourteau des Hauts-de-France sont considérés en bon état écologique. Le stock de tourteau du Nord Cotentin est considéré en surexploitation. Cependant, ces résultats sont à remettre en perspective de la trajectoire globale du stock sur la période considérée (2000 - 2020). Pour l'ensemble des stocks de homard et tourteau, la biomasse relative est à la baisse sur les années récentes, et surtout la mortalité par pêche relative est en forte hausse. Les limites du RMD, objectif de gestion pour les espèces non soumises à TAC et quota, sont franchies pour le tourteau du Nord Cotentin, le stock est donc considéré en surexploitation pour l'année 2020. Les limites du RMD ne sont pas franchies pour les autres stocks, mais en considérant la trajectoire à la baisse de la biomasse relative, et la hausse de la mortalité par pêche relative, il est fort probable que, si les conditions d'exploitation restent les mêmes, les stocks soient considérés surexploités dans les prochaines années. De plus, les stocks de tourteau dans leur ensemble en France subissent de fortes baisses de biomasse. Il est à penser alors que les baisses observées de biomasse dans les zones considérées soient dues à des facteurs environnementaux en plus de la forte pression de pêche. Les impacts de potentielles contaminations bactériennes et du changement climatique restent à déterminer afin de mieux comprendre les dynamiques à la baisse des stocks de tourteau dans leur ensemble au niveau national voire européen.

L'évaluation des stocks du Nord Cotentin par l'analyse structurée en taille montrent néanmoins des résultats différents. En effet, le potentiel de frai du homard est estimé trop faible, signe de surpêche. Le potentiel de frai du tourteau est lui estimé suffisant pour assurer le bon renouvellement du stock, qui n'est donc pas considéré en surexploitation selon cette méthode d'évaluation. Cependant, il est à noter que le plan d'échantillonnage des captures présente un biais, puisque les filières échantillonnées sont situées plus au large, menant à une surestimation par exemple des gros tourteaux.

Globalement, ces résultats doivent alerter sur la nécessité de mettre en place des mesures effectivement restrictives de l'effort de pêche dans les Hauts-de-France et en Nord Cotentin où l'effort de pêche et donc par conséquent la mortalité par pêche ont augmenté très

rapidement ces 5 dernières années (Figures 2.15 et 2.26), ainsi que sur la nécessité de mettre en place un suivi plus conséquent des ressources, dans les Hauts-de-France et le Nord Cotentin.

Pour la centaine de bateaux actifs sur la région des Hauts-de-France, 211 licences sont disponibles pour environ 40 titulaires en 2021. Elles limitent notamment le nombre de casiers par homme et navire (Table 2.5). Il n'y a pas réellement de restrictions à l'accès à la pêche puisque le contingent de licences n'est pas limitant. Cependant, les niveaux actuels d'exploitation permettent déjà d'observer des trajectoires des stocks de tourteau et homard qui tendent vers la surexploitation, notamment avec des fortes augmentations des niveaux de mortalité par pêche relative. Il apparaît nécessaire alors de limiter effectivement l'accès à la pêche, afin que les niveaux d'exploitation restent, dans un premier temps, les mêmes. Dans un second temps, si les niveaux d'exploitation restent les mêmes, alors la trajectoire des stocks évoluera probablement vers la surexploitation. Dans cette perspective, il sera important dans les prochaines années de réduire l'effort de pêche. Cela peut passer par une réduction du nombre de casier autorisés par navire, la suppression des licences non renouvelées, ou encore la limitation de l'usage du casier piège. En effet, le casier piège a une capturabilité et donc un pouvoir pêchant nettement supérieur aux casiers classiques, et son usage n'est pas limité dans les Hauts-de-France. Réduire la possibilité d'usage du casier piège permettrait de réduire l'effort de pêche tout en conservant par exemple le même nombre de casiers par navire.

Dans le Nord Cotentin, le nombre de licences ainsi que le nombre de casier est limité, ainsi que l'usage du casier piège. Cependant, les résultats indiquent déjà une surexploitation du stock de tourteau dans les conditions d'exploitation actuelles. Il est nécessaire alors de prendre des mesures de réduction de l'effort rapidement dans le but de conserver les stocks de tourteau sur la zone. De plus, si le homard n'est pas encore estimé en surexploitation par les modèles de production, sa trajectoire sur les dernières années indique que la mortalité par pêche relative est à la hausse, et que les niveaux de biomasse sont à la baisse. Si des mesures de réduction de l'effort de pêche ne sont pas prises rapidement, il est fortement probable que le homard sera considéré en surexploitation dans les prochaines années, au vu de sa trajectoire d'exploitation (Figure 2.15).

Les mesures de réduction de l'effort de pêche peuvent passer par :

- instaurer un quota de captures quotidien, hebdomadaire, mensuel, annuel, ... plus limitant qu'actuellement
- fermer la pêche un jour dans la semaine

- réduire le nombre de casier par licence
- instaurer des périodes de fermetures
- rejeter et/ou marquer les femelles grainées
- limiter l'utilisation du casier piège, notamment dans les Hauts-de-France
- ...

Toutes ces mesures présentent des avantages et inconvénients qu'il conviendra aux instances régionales de gestion de mettre en perspective des caractéristiques de la flottille afin de limiter effectivement la progression de l'effort de pêche tout en garantissant la pérennité des entreprises de pêche.

Araignée

L'estimation des CPUE nécessite une série temporelle de captures et d'efforts de pêche sur la période considérée. Les captures d'araignées (Figure 2.34) sont en augmentation sur la façade maritime. Cette augmentation peut être due à l'augmentation de l'effort de pêche, mais aussi à une augmentation de l'abondance de l'espèce sur la zone ²⁷⁹⁻²⁸¹, en raison des changements environnementaux. Si les captures sont effectivement en augmentation, il est probable que l'abondance réelle de l'araignée soit sous-estimée dans les captures commerciales. En effet, cette espèce n'est pas une espèce ciblée fortement par les bateaux, puisqu'elle n'a pas de grande valeur ajoutée à la commercialisation, et est plutôt utilisée en appât pour la pêche aux bulots. Cependant, la tendance des captures peut permettre de fournir des indicateurs d'abondance dans une première approche exploratoire.

L'effort de pêche appliqué au stock d'araignées de mer sur la façade Manche Est Mer du Nord est également difficile à évaluer. En effet, le casier n'est l'engin utilisé que pour 55% des marées, et 65% des captures (Table 2.9). 35% des captures déclarées d'araignées sont donc réalisées avec d'autres engins que le casier à crustacés, et cet effort de pêche n'est pas pris en compte dans le cadre de cette étude. De plus, si l'on considère uniquement le métier du casier à gros crustacés, 2 stratégies de pêche sont en place sur la façade. En effet, si la plupart des filières de casiers à gros crustacés ciblent le homard et le tourteau, certaines filières dites "à araignées" ciblent donc l'araignée de mer. Les rendements de ces filières sur cette espèce sont beaucoup plus élevés d'après nos échantillonnages (Figure 2.37), mais également selon les professionnels. Il n'est cependant pas possible de différencier ces filières, à la stratégie de pêche et à l'efficacité différente, dans les données déclaratives. Pour quantifier l'effort de pêche réellement appliqué sur les stocks d'araignée, il semble que les données déclaratives ne sont pas la meilleure source de données.

Les CPUE estimés (Figure 2.36) ne permettent pas de conclure sur l'état effectif des stocks d'araignées en Manche Est Mer du Nord. En effet, il est hautement probable que les CPUE (et LPUE) pour les araignées soient très élevées et en progression en vu des reports réguliers effectués par les professionnels. Cependant le signal est indétectable dans les données commerciales, puisque les filières visant cette espèce ne sont pas clairement identifiées et reportées. De plus, il est probable que des CPUE commerciales, même avec des filières à araignées identifiées, sous-estiment l'abondance réelle de l'araignée. En effet, les casiers ont une capturabilité maximale au-delà de laquelle les animaux ne peuvent plus rentrer dans les casiers. Des données d'échantillonnages indépendantes des pêcheries commerciales, et donc indépendantes de la stratégie de pêche propre au navire, pourraient permettre de mieux comprendre les dynamiques des stocks d'araignées en Manche Est, et donc de mieux quantifier les indices d'abondance.

En première approche, les captures corrigées (Figure 2.34) ont été utilisées dans le modèle CMSY. Au vu des difficultés d'estimation de l'effort de pêche évoquées plus haut, et donc de l'estimation des CPUE, les autres modèles (SPiCT et JABBA) n'ont pas pu être utilisés puisqu'ils requièrent une série temporelle de CPUE, en plus de la série de captures. Le résultat du modèle CMSY (Figure 2.38) ne permet pas de conclure sur l'état des stocks d'araignées sur les 3 zones considérées au vu des biais sur les données commerciales évoqués plus haut. Cependant, en première approche, les résultats du modèle CMSY doivent alerter sur une potentielle mortalité par pêche supérieure à la mortalité par pêche estimée au RMD dans les zones Nord Cotentin et Hauts-de-France. Les niveaux de biomasse et mortalité par pêche en Seine Maritime sont satisfaisants au vu des données disponibles par rapport aux niveaux estimés au RMD. Ces résultats doivent cependant être considérés comme une approche exploratoire et non un diagnostic de la pêche, étant donné les nombreux biais et données manquantes identifiés plus haut dans cette partie.

Perspectives

Plusieurs éléments permettraient d'affiner et améliorer les diagnostics des pêcheries de gros crustacés en Manche Est Mer du Nord. L'estimation des performances des modèles testés vis à vis des spécificités de la pêche de casier à gros crustacés n'a pas pu être réalisée dans le cadre de ce travail, et devra être réalisée dans le cadre de futurs travaux. Pour améliorer les sorties des modèles, l'information concernant les traits de vie des crustacés, et notamment sur l'araignée pour laquelle aucun des paramètres nécessaires à l'évaluation n'est disponible (Table 2.8) devra également être déterminée avec plus de précisions.

De plus, des données concernant le nombre de casiers notamment devront être collectées afin de préciser la quantification de l'effort de pêche, voire de reconstruire une série historique courte du nombre de casiers en place par zone. Il sera intéressant dans le futur de pouvoir collecter ces informations en routine pour constituer une base de données solide pouvant servir à de futures évaluations. De plus, dans le cadre de ce projet, une application d'auto-échantillonnage permettant de collecter les informations concernant la zone de pêche, le nombre d'engins et le poids des captures a été testée. Il sera intéressant dans les prochaines années de se saisir de cet outil, après ajustement en fonction des premiers retours des professionnels, afin de fournir aux comités des données en temps quasi réel des rendements de la pêche du bulot. Des seuils d'alerte sur l'état des stocks pourront être définis, et permettront aux instances de gestion d'être plus réactifs sur la mise en place de réglementations au plus près de la réalité des stocks.

Pour améliorer le diagnostic des stocks des gros crustacés en Manche Est Mer du Nord, il sera nécessaire de poursuivre les efforts de collecte de données biométriques en mer, et donc de continuer à réaliser des campagnes d'embarquement pour mesurer les captures de homard et d'araignées, dans le Nord Cotentin et en Hauts-de-France. Cependant, pour la zone Nord Cotentin il sera important de trouver d'autres navires capables d'embarquer des observateurs scientifiques, afin d'échantillonner l'ensemble de la zone fréquentée par les pêcheurs de gros crustacés et éviter les biais auxquels nous avons été confrontés dans cette étude.

En termes de gestion de la pêche, d'après les résultats des modèles et l'évolution des indicateurs sur la période de 2000 à 2020, il est nécessaire de mettre en place rapidement des limitations de l'effort de pêche dans les 2 zones considérées pour le homard et le tourteau. Au niveau régional, les mesures doivent pouvoir prendre en compte les dynamiques de flottille locales pour permettre aux entreprises de pêche de persister, en particulier dans le contexte du BREXIT. Un travail de valorisation des captures de gros crustacés est également à

envisager pour assurer la bonne valorisation économique des captures. Par exemple, il sera intéressant de communiquer sur la mise en place par les professionnels de la région des Hauts-de-France d'une taille minimale de capture du homard plus contraignante, dans l'objectif de conserver les stocks et protéger les juvéniles.

Concernant le tourteau, les baisses de rendement de la pêche sont observées sur l'ensemble de la France. Il est donc possible que d'autres variables environnementales comme le changement climatique ou des maladies dont la prévalence augmente partout, mais dont la cause est inconnue, soient responsables du déclin global des stocks de tourteau en France. Des projets concernant ces sujets sont en cours (projet SAUT).

Concernant l'araignée de mer, et dans un contexte plus global, l'augmentation de son l'abondance pourrait avoir de fortes conséquences économiques sur l'abondance d'autres espèces à plus de valeur ajoutée comme les poissons plats ou les moules de bouchot. Les araignées seraient, pour certains pêcheurs, en partie responsables du fait que la sole ne "revienne plus" sur les zones de pêche historiques en Manche Est. C'est un prédateur opportuniste ^{185,220} se nourrissant des proies dans son environnement proche, il est donc possible que les araignées se nourrissent des larves, juvéniles de sole dans la zone de nurserie des Hauts-de-France. Plus récemment en Normandie, les producteurs de moules de bouchot alertent sur de forte présence d'araignées au niveau des bouchots qui consommeraient les moules, provoquant de fortes pertes économiques ^{279,281-288}. Une évaluation de l'évolution de l'abondance de l'araignée en conséquence des changements climatiques apparaît, dans une vision plus globale de la filière pêche et aquaculture, un enjeu important pour les années à venir. Cette évaluation devra passer par des campagnes indépendantes des données commerciales, voire un diagnostic de filière pour identifier des pistes de valorisation des captures.

Références

1. Ministère de la Mer. Plan d'action - Document stratégique de la façade Manche Est-Mer du Nord. (2021).
2. Région Normandie. 2020. Activité des navires de pêche. (2022).
3. Région Hauts-de-France. 2020. Activité des navires de pêche. (2022).
4. Vermard, Y., Lehuta, S., Savina-Rolland, M. & Biseau, A. *Sole Manche Est- Evaluation de mesures de gestion pour l'exploitation de la sole en Manche est (sole VIId)*. (2014).
5. Biseau, A. Simulations de l'évolution des débarquements de la Sole de Manche Est (VIId), en fonction de divers scénarios modulant la mortalité par pêche et/ou le diagramme d'exploitation. 17 (2014).
6. ICES. *Sole (Solea solea) in Division 7.d (eastern English Channel)*. https://ices-library.figshare.com/articles/report/Sole_Solea_solea_in_Division_7_d_eastern_English_Channel_/19453820/1 (2022) doi:10.17895/ices.advice.19453820.v1.
7. Pouvreau, S. & Morizur, Y. Les métiers du filet fixe en France. 62.
8. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Boulogne-sur-Mer. (2018).
9. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Caen. (2018).
10. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Cherbourg. (2018).
11. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Dieppe. (2018).
12. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Dunkerque. (2018).
13. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Fécamp. (2018).
14. IFREMER. Activité des navires de pêche 2017 : quartier maritime Le Havre. (2018).
15. IFREMER. Quartier maritime Boulogne-sur-Mer. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).
16. IFREMER. Quartier maritime Caen. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).
17. IFREMER. Quartier maritime Cherbourg. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).

18. IFREMER. Quartier maritime Dieppe. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).
19. IFREMER. Quartier maritime Dunkerque. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).
20. IFREMER. Quartier maritime Fécamp. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).
21. IFREMER. Quartier maritime Le Havre. 2021. Activité des navires de pêche. (2022).
22. Collard, D. *Evaluation de l'Activité de Pêche au Regard des Nouvelles Activités : Cas des Fileyeurs des Hauts-de-France*. (2019).
23. Gofas, S. & Fraussen, K. WoRMS - World Register of Marine Species - *Buccinum undatum* Linnaeus, 1758. (2010).
24. Shelmerdine, R. L., Adamson, J., Laurenson, C. H. & Leslie (néé Mouat), B. Size Variation of the Common Whelk, *Buccinum undatum*, Over Large and Small Spatial Scales: Potential Implications for Micro-management within the Fishery. *Fish. Res.* **86**, 201–206 (2007).
25. Fey, L., Buron, D. & Müller, Y. *Buccinum undatum* Linnaeus, 1758. *DORIS* (2021).
26. Smith, K. E. Physiological thresholds through early ontogeny: the effects of temperature and hydrostatic pressure on the common whelk *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). (2013).
27. Borsetti, S., Munroe, D., Rudders, D. B., Dobson, C. & Bochenek, E. A. Spatial variation in life history characteristics of waved whelk (*Buccinum undatum* L.) on the U.S. Mid-Atlantic continental shelf. *Fish. Res.* **198**, 129–137 (2018).
28. Magnúsdóttir, H., Pálsson, S., Westfall, K. M., Jónsson, Z. O. & Örnólfsson, E. B. Morphological variation in genetically divergent populations of the common whelk, *Buccinum undatum* (Gastropoda: Buccinidae), across the North Atlantic. *Biol. J. Linn. Soc.* **128**, 93–106 (2019).
29. Haig, J. A., Pantin, J. R., Salomonsen, H., Murray, L. G. & Kaiser, M. J. Temporal and spatial variation in size at maturity of the common whelk (*Buccinum undatum*). *ICES J. Mar. Sci.* **72**, 2707–2719 (2015).
30. Blue Marine Foundation. Management recommendations for English non-quota fisheries: Common whelk. (2017).

31. FAO. FAO Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets - *Buccinum undatum* (Linnaeus, 1758).
32. Fahy, E., Masterson, E., Swords, D. & Forrest, N. A second assessment of the whelk fishery *Buccinum undatum* in the southwest Irish Sea with particular reference to its history of management by size limit. (2000).
33. Hollyman, P. R. Age, Growth and Reproductive Assessment of the Whelk, *Buccinum undatum*, in Coastal Shelf Seas - ProQuest. (2017).
34. Woods, P. & Jonasson, J. P. Bayesian hierarchical surplus production model of the common whelk *Buccinum undatum* in Icelandic waters. *Fish. Res.* **194**, 117–128 (2017).
35. Laptikhovsky, V. *et al.* A novel approach for estimation of the natural mortality of the common whelk, *Buccinum undatum* (L.) and role of hermit crabs in its shell turnover. *Fish. Res.* **183**, 146–154 (2016).
36. Magnúsdóttir, H. *Phenotypic and genotypic variation in the subtidal gastropod Buccinum undatum*. (2020).
37. Magnúsdóttir, H., Pálsson, S., Westfall, K. M., Jónsson, Z. O. & Örnólfsson, E. B. Shell morphology and color of the subtidal whelk *Buccinum undatum* exhibit fine-scaled spatial patterns. *Ecol. Evol.* **8**, 4552–4563 (2018).
38. Dahl-Hansen, I. E. TBT-induced imposex related to age and length in *Buccinum undatum* at two localities in Balsfjorden. (2009).
39. Fey, L., Buron, D. & Müller, Y. *Buccinum undatum* Linnaeus, 1758. *DORIS* (2018).
40. Watson, S.-A. Latitudinal gradients in marine invertebrate shell morphology : production costs and predation pressure. (University of Southampton, 2009).
41. Magnúsdóttir, H. *The common whelk (Buccinum undatum L.): Life history traits and population structure*. (2010).
42. Cochard, M. L., Elleboode, R. & Mahé, K. Ageage des Buccins (*Buccinum Undatum* L) de la côte Ouest-Cotentin (France) à partir des statolithes. (2017).
43. Ifremer. Biologie du Bulot.
44. Gowanloch, J. N. Contribution to the Study of Marine Gastropods : II. The Intertidal Life

- of *Buccinum undatum*, a Study in Non-adaptation. *Contrib. Can. Biol. Fish.* **3**, 167–177 (1926).
45. Jónsson, Z. O. *et al.* The mitochondrial genome of common whelk *Buccinum undatum* (Neogastropoda: Buccinidae). *Mitochondrial DNA Part B* **4**, 457–459 (2019).
 46. Himmelman, J. H. Movement of whelks (*Buccinum undatum*) towards a baited trap. *Mar. Biol.* **97**, 521–531 (1988).
 47. Nasution, S. Intra-capsular Development in Marine Gastropod *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). *J. Nat. Indones.* **5**, 124–128 (2003).
 48. Emmerson, J. A., Hollyman, P. R., Bloor, I. S. M. & Jenkins, S. R. Effect of temperature on the growth of the commercially fished common whelk (*Buccinum undatum*, L.): A regional analysis within the Irish Sea. *Fish. Res.* **223**, 105437 (2020).
 49. Hollyman, P., Leng, M., Chenery, S., Laptikhovsky, V. & Richardson, C. Statoliths of the whelk *Buccinum undatum*: a novel age determination tool. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **598**, 261–272 (2018).
 50. Hollyman, P. R. *et al.* Age and growth rate estimations of the commercially fished gastropod *Buccinum undatum*. *ICES J. Mar. Sci.* **75**, 2129–2144 (2018).
 51. Nielsen, C. Observations on *Buccinum undatum* L. Attacking bivalves and on prey responses, with a short review on attack methods of other prosobranchs. *Ophelia* **13**, 87–108 (1974).
 52. Nasution, S. & Roberts, D. Laboratory trials on the effects of different diets on growth and survival of the common whelk, *Buccinum undatum* L. 1758, as a candidate species for aquaculture. *Aquac. Int.* **12**, 509–521 (2004).
 53. Lapointe, V. & Sainte-Marie, B. Currents, predators, and the aggregation of the gastropod *Buccinum undatum* around bait on JSTOR. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **85**, 245–257 (1992).
 54. Rochette, R., Tétreault, F. & Himmelman, J. H. Aggregation of Whelks, *Buccinum undatum*, near Feeding Predators: the Role of Reproductive Requirements. *Anim. Behav.* **61**, 31–41 (2001).

55. Himmelman, J. H. & Hamel, J. R. Diet, Behaviour and Reproduction of the Whelk *Buccinum undatum* in the Northern Gulf of St. Lawrence, Eastern Canada. *Mar. Biol. Int. J. Life Oceans Coast. Waters* **116**, 423–430 (1993).
56. Ramsay, K. & Kaiser, M. J. Demersal fishing disturbance increases predation risk for whelks (*Buccinum undatum* L.). *J. Sea Res.* **39**, 299–304 (1998).
57. Thomas, M. L. H. & Himmelman, J. H. Influence of predation on shell morphology of *Buccinum undatum* L. on Atlantic coast of Canada. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **115**, 221–236 (1988).
58. Kideys, A. E. & Hartnoll, R. G. Energetics of mucus production in the common whelk *Buccinum undatum* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **150**, 91–105 (1991).
59. Hegron, L. *et al.* BESTCLIM. (2017).
60. Grangere, K. & Kellner, K. *BULOCLIM*. (2012).
61. Heude-Berthelin, C. *et al.* Growth and Reproduction of the Common Whelk *Buccinum undatum* in West Cotentin (Channel), France. *Aquat. Living Resour.* **24**, (2011).
62. Kideys, A. E., Nash, R. D. M. & Hartnoll, R. G. Reproductive cycle and energetic cost of reproduction of the neogastropod *Buccinum undatum* in the Irish Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **73**, 391–403 (1993).
63. Martel, A., Larrivée, D. H., Klein, K. R. & Himmelman, J. H. Reproductive Cycle and Seasonal Feeding Activity of the Neogastropod *Buccinum undatum*. *Mar. Biol. Int. J. Life Oceans Coast. Waters* **92**, 211–221 (1986).
64. Smith, K. E. & Thatje, S. Nurse Egg Consumption and Intracapsular Development in the Common Whelk *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). *Helgol. Mar. Res.* **67**, 109–120 (2013).
65. Valentinsson, D. Reproductive Cycle and Maternal Effects on Offspring Size and Number in the Neogastropod *Buccinum undatum* (L.). *Mar. Biol.* **140**, 1139–1147 (2002).
66. Martel, A., Larrivée, D. H. & Himmelman, J. H. Behaviour and timing of copulation and egg-laying in the neogastropod *Buccinum undatum* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **96**, 27–42 (1986).

67. Ten Hallers-Tjabbes, C. C. *et al.* Imposex and organotin concentrations in *Buccinum undatum* and *Neptunea antiqua* from the North Sea: Relationship to shipping density and hydrographical conditions. *Mar. Environ. Res.* **55**, 203–233 (2003).
68. Nicholson, G. J. & Evans, S. M. Anthropogenic impacts on the stocks of the common whelk *Buccinum undatum* (L.). *Mar. Environ. Res.* **44**, 305–314 (1997).
69. Tester, M. & Ellis, D. TBT controls and the recovery of whelks from imposex. *Oceanogr. Litterature Rev.* (1995).
70. Strand, J. & Jacobsen, J. Imposex in two sublittoral neogastropods from the Kattegat and Skagerrak: the common whelk *Buccinum undatum* and the red whelk *Neptuna antiqua*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **244**, 171–177 (2002).
71. Mensink, B. P. Imposex in the common whelk, *Buccinum undatum*. (Agricultural University, 1999).
72. Fioroni, P., Stroben, E. & Oehlmann, J. Fréquence et degré d'expression du pseudohermaphrodisme chez quelques Prosobranches Sténoglosses de la Baie de Morlaix et de la Manche 1. Situation au printemps de 1988. *Cah. Biol. Mar* vol. 32 (1991).
73. Valentinsson, D., Sjödin, F., Jonsson, P. R., Nilsson, P. & Wheatley, C. Appraisal of the Potential for a Future Fishery on Whelks (*Buccinum undatum*) in Swedish waters: CPUE and Biological Aspects. *Fish. Res.* **42**, 215–227 (1999).
74. Mensink, B. P. *et al.* Imposex induction in laboratory reared juvenile *Buccinum undatum* by tributyltin (TBT). *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **11**, 49–65 (2002).
75. Evans, S. M. & Nicholson, G. J. The Use of Imposex to Assess Tributyltin Contamination in Coastal Waters and Open Seas. *Sci. Total Environ.* **258**, 73–80 (2000).
76. Marine Stewardship Council. Pêcherie de bulot de la Baie de Granville.
77. Bulot de la Baie de Granville. <https://www.normandiefraicheurmer.fr/les-produits-stars/entry-20-bulot-de-la-baie-de-granville.html>.
78. FranceAgriMer. Consommation des produits de la pêche et de l'aquaculture. (2020).
79. FranceAgriMer. Données de vente déclarées en halles à marées. (2010).

80. FranceAgriMer. Données de vente déclarées en halles à marée. (2015).
81. CNPMM. *Délibération du Bureau n° B26/2018 relative à la fixation des conditions d'attribution de la licence de pêche des coquillages, excepté la coquille Saint-Jacques.* (2018).
82. Gouvernement français. *Arrêté du 28 janvier 2013 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture et de débarquement des poissons et autres organismes marins pour la pêche professionnelle.*
83. CRPMM Bretagne. 2014-065- *Délibération "Bulots-MX-2014-A" du 20 juin 2014 portant création et fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche du bulot sur le secteur de Morlaix.* (2014).
84. CRPMM Bretagne. 2016-043-*Délibération "Bulots-MX-B" du 29 août 2016 fixant le nombre de licences et l'organisation de la campagne de pêche des bulots dans le secteur de Morlaix.* (2016).
85. CRPMM Bretagne. 2016-014 *Délibération "Bulots-SM-2016-A" du 18 mars 2016 portant création et fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche des bulots dans les eaux relevant de la circonscription d'Ille et Vilaine.* (2016).
86. CRPMM Bretagne. 2018-058 *Délibération "Bulots-SM-B" du 21 septembre 2018 fixant le nombre de licences et l'organisation de la campagne de pêche des bulots sur le littoral d'Ille et Vilaine.* (2018).
87. CRPMM Bretagne. 2019-008 *Délibération "Bulots-Côtes d'Armor-A" du 5 avril 2019 fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche des bulots sur le littoral des côtes d'Armor.* (2019).
88. CRPMM Bretagne. 2019-009 *Délibération "Bulots-Côtes d'Armor-B" du 5 avril 2019 fixant le nombre de licences et l'organisation de la campagne de pêche des bulots sur le littoral des côtes d'Armor.* (2019).
89. CRPMM Bretagne. 2014-060-*Délibération "Bulots-AY/VA-2014 A" du 20 juin 2014 portant création et fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche des bulots sur le littoral du Morbihan relevant du secteur d'Auray-Vannes.* (2014).

90. CRPMEM Bretagne. *2017-043 Délibération “Bulots AY/VA - B” du 18 septembre 2017 fixant le contingent de licences et l’organisation de la campagne de pêche des bulots sur le littoral du Morbihan relevant du secteur d’Auray-Vannes.* (2017).
91. CRPMEM Normandie. *Délibération n°2017/29 - BUMW19 du 19/12/2017 Portant création de la licence de pêche du BULOT (buccinum undatum) sur les gisements de l’Ouest-Cotentin et portant organisation de cette pêche.* (2017).
92. CRPMEM Normandie. *Délibération n°2022/C-BUL-BDS-03 Portant création de la licence bulot (buccinum undatum) en Manche Est secteur Nord Cotentin-Baie de Seine.* (2022).
93. CRPMEM Normandie. *Délibération n°2022/E-BUL-BDS-04 Relative aux mesures d’exploitation de la licence bulot (buccinum undatum) dans la zone de compétence du CRPMEM de Normandie en Manche Est secteur Nord Cotentin-Baie de Seine.* (2022).
94. CRPMEM Normandie. *Délibération n°2021/C-BUL-SM-08 portant création de la licence bulot dans la zone de compétence du CRPMEM de Normandie secteur Seine-Maritime.* (2021).
95. CRPMEM Normandie. *Délibération n°2022/E-BUL-SM-17 Relative aux mesures d’exploitation de la licence bulot dans les zones sous compétence du CRPMEM de Normandie secteur Seine Maritime.* (2022).
96. CRPMEM Hauts-de-France. *Délibération n°28/2021 relative à l’attribution d’une licence pour la pêche embarquée du bulot.* (2021).
97. Pedersen, M. W. & Berg, C. W. A stochastic surplus production model in continuous time. *Fish Fish.* **18**, 226–243 (2017).
98. Winker, H., Carvalho, F. & Kapur, M. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. *Fish. Res.* **204**, 275–288 (2018).
99. Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M. & Winker, H. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish Fish.* **18**, 506–526 (2017).
100. Santarelli, L. & Gros, P. Modélisation bioéconomique de la pêcherie de buccin (*Buccinum undatum* L.: Gastropoda) du port de Granville (Manche Ouest). Elements de gestion de la ressource. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.* 0035-2276 ISTPM 1984-12 Vol 48

N 1-2 P 23-32 **48**, (1986).

101. Activité des navires. *Système d'informations halieutiques*
<https://sih.ifremer.fr/Activite-socio-economie/Activite-des-navires>.
102. Martell, S. & Froese, R. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish Fish.* **14**, 504–514 (2013).
103. Schaefer, M. B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries.
<http://aquaticcommons.org/id/eprint/3530> (1954).
104. Pella, J. A generalized stock production model. *Inter-Amer. Trop Tuna Commn Bull* **13**, 421–496 (1969).
105. Fox Jr., W. W. An Exponential Surplus-Yield Model for Optimizing Exploited Fish Populations. *Trans. Am. Fish. Soc.* **99**, 80–88 (1970).
106. *Buccinum undatum*, Waved whelk : fisheries.
<https://www.sealifebase.ca/summary/Buccinum-undatum.html>.
107. Gabe, M. & Rancurel, P. Contribution à l'histologie de la glande surrénale de *Crocodylus niloticus* Laur. 21 (1968).
108. DPMA. Arrêté du 28 janvier 2013 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture et de débarquement des poissons et autres organismes marins pour la pêche professionnelle. (2018).
109. Türkay, M. WoRMS - World Register of Marine Species - *Homarus gammarus* (Linnaeus, 1758).
110. Getchell, R. G. Effects of V-Notching on the Lobster, *Homarus americanus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **44**, 2033–2037 (1987).
111. Tully, O. Impact of the v-notch technical conservation measure on reproductive potential in a lobster (*Homarus gammarus* L.) fishery in Ireland. in *Marine and Freshwater Research* vol. 52 1551–1557 (CSIRO PUBLISHING, 2001).
112. Daniel, P. C., Bayer, R. C. & Waltz, C. Egg Production of V-notched American Lobsters (*Homarus Americanus*) Along Coastal Maine. *J. Crustac. Biol.* **9**, 77–82 (1989).

113. Holthuis, L. B. FAO species catalogue: Marine lobsters of the world. *FAO Fish. Synop.* **13**, 151 (1991).
114. Cobb, J. S. & Phillips, B. F. *The Biology and Management of Lobsters. The Biology and Management of Lobsters* vol. 2 (Elsevier Inc., 2012).
115. Prodöhl, P. A., Jørstad, K. E., Triantafyllidis, A., Katsares, V. & Triantaphyllidis, C. European lobster-*Homarus gammarus*. in *Genetic impact of aquaculture activities on native populations* 91–98 (2007).
116. *Homarus gammarus*, European lobster : fisheries, aquaculture.
<https://www.sealifebase.ca/summary/Homarus-gammarus.html>.
117. Galparsoro, I., Borja, Á., Bald, J., Liria, P. & Chust, G. Predicting suitable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*), on the Basque continental shelf (Bay of Biscay), using Ecological-Niche Factor Analysis. *Ecol. Model.* **220**, 556–567 (2009).
118. Moland, E. et al. Activity patterns of wild European lobster *Homarus gammarus* in coastal marine reserves: implications for future reserve design. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **429**, 197–207 (2011).
119. Linnane, A., Mazzoni, D. & Mercer, J. P. A long-term mesocosm study on the settlement and survival of juvenile European lobster *Homarus gammarus* L. in four natural substrata. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **249**, 51–64 (2000).
120. Feldmann, R. M. & Schweitzer, C. E. Lobster (Decapoda) diversity and evolutionary patterns through time. *J. Crustac. Biol.* **34**, 820–847 (2014).
121. Forest, A. *Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion.* (2001).
122. Mehrtens, F., Stolpmann, M., Buchholz, F., Hagen, W. & Saborowski, R. Locomotory activity and exploration behaviour of juvenile European lobsters (*Homarus gammarus*) in the laboratory. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* **38**, 105–116 (2005).
123. Van der. Meeren, G. I. The potential of ecological studies to improve on the survival of cultivated and released aquatic organisms : insights from functional morphology and behaviour studies of the European lobster *Homarus gammarus*. (University of Bergen,

- 2003).
124. Quackenbush, L. S. Lobster Reproduction: A Review. *Crustaceana* vol. 67 82–94.
 125. Agnalt, A. L. *et al.* Enhancing the European Lobster (*Homarus gammarus*) Stock at Kvitsøy Islands: Perspectives on Rebuilding Norwegian Stocks. in *Stock Enhancement and Sea Ranching* 413–426 (Blackwell Publishing Ltd, 2008).
doi:10.1002/9780470751329.ch30.
 126. Addison, J. T., Lovewell, S. R. J. & Bannister, R. C. A. Growth, Movement, Recapture Rate and Survival of Hatchery-Reared Lobsters (*Homarus Gammarus* (Linnaeus, 1758)) Released Into the Wild On the English East Coast. *Crustaceana* **67**, 156–172 (1994).
 127. Smith, I., Collins, K. & Jensen, A. Seasonal changes in the level and diel pattern of activity in the European lobster *Homarus gammarus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **186**, 255–264 (1999).
 128. McLeese, D. W. Olfactory responses of lobsters (*Homarus Americanus*) to solutions from prey species and to seawater extracts and chemical fractions of fish muscle and effects of antennule ablation. *Mar. Behav. Physiol.* **2**, 237–249 (1973).
 129. Latrouite, D., Booth, J. D. & Jamieson, G. S. Crabs and Lobsters. *Fish. Aquac.* **2**, (2002).
 130. Smith, I., Jensen, A., Collins, K. & Matthey, E. Movement of wild European lobsters *Homarus gammarus* in natural habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **222**, 177–186 (2001).
 131. Smith, I. P., Collins, K. J. & Jensen, A. C. Movement and activity patterns of the European lobster, *Homarus gammarus*, revealed by electromagnetic telemetry. *Mar. Biol.* **132**, 611–623 (1998).
 132. Audouin, J. Aspects Techniques des Ecloseries de Homard : Production des Post-larves et des Juvéniles. in *Aquaculture extensive et repeuplement* 79–85 (1981).
 133. Pere, A. & Noël, P. *Le homard européen Homarus gammarus (Linnaeus, 1758)*. (2017).
 134. Debuse, V. J., Addison, J. T. & Reynolds, J. D. The effects of sex ratio on sexual

- competition in the European lobster. *Anim. Behav.* **58**, 973–981 (1999).
135. Ishida, T., Talbot, P. & Kooda-Cisco, M. Technique for the long-term storage of lobster (*Homarus*) spermatophores. *Gamete Res.* **14**, 183–195 (1986).
136. Waddy, S. L. & Aiken, D. E. Multiple Fertilization and Consecutive Spawning in Large American Lobsters, *Homarus americanus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**, 2291–2294 (1986).
137. Bauer, R. T. Phylogenetic Trends in Sperm Transfer and Storage Complexity in Decapod Crustaceans. *J. Crustac. Biol.* **6**, 313–325 (1986).
138. Subramoniam, T. Spermatophores and Sperm Transfer in Marine Crustaceans. *Adv. Mar. Biol.* **29**, 129–214 (1993).
139. Kooda-Cisco, M. J. & Talbot, P. A structural analysis of the freshly extruded spermatophore from the lobster, *Homarus americanus*. *J. Morphol.* **172**, 193–207 (1982).
140. Tully, O., Roantree, V. & Robinson, M. Maturity, fecundity and reproductive potential of the European lobster (*Homarus gammarus*) in Ireland. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **81**, 61–68 (2001).
141. Moland, E., Moland Olsen, E. & Stenseth, N. Maternal influences on offspring size variation and viability in wild European lobster *Homarus gammarus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **400**, 165–173 (2010).
142. Latrouite, D., Légise, M. & Raguenés, G. *Données sur la Reproduction et la Taille de Première Maturité du Homard Homarus gammarus d'Iroise et du Golfe de Gascogne*. 6 (1981).
143. Engelhard, G., Vignot, C., Leblong, E., Lesueur, M. & Guitton, J. Portail CHARM III - Interreg IV. © 2012. Atlas des pêcheries de Manche, Channel fisheries Atlas. (2012).
144. Schmalenbach, I. & Franke, H. D. Potential impact of climate warming on the recruitment of an economically and ecologically important species, the European lobster (*Homarus gammarus*) at Helgoland, North Sea. *Mar. Biol.* **157**, 1127–1135 (2010).
145. FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations for a world without*

- hunger Fisheries and Aquaculture Department Homarus gammarus (Linnaeus, 1758).*
146. Templeman, W. The Influence of Temperature, Salinity, Light and Food Conditions on the Survival and Growth of the Larvae of the Lobster (*Homarus americanus*). *J. Biol. Board Can.* **2**, 485–497 (1936).
 147. Scarratt, D. J. Abundance and Distribution of Lobster Larvae (*Homarus americanus*) in Northumberland Strait. *J. Fish. Res. Board Can.* **21**, 661–680 (1964).
 148. SyMEL. *Le juvénile de homard, Homarus gammarus*. (2010).
 149. Wood, J. M. New estimates and complications in the assessment of female functional maturity for the European lobster (*Homarus gammarus*) on the Yorkshire Coast (UK). *J. Fish.* **6**, (2018).
 150. Laurans, M., Fifas, S., Demaneche, S., Brérette, S. & Debec, O. Modelling seasonal and annual variation in size at functional maturity in the European lobster (*Homarus gammarus*) from self-sampling data. in *ICES Journal of Marine Science* vol. 66 1892–1898 (2009).
 151. Lizárraga-Cubedo, H. A., Tuck, I., Bailey, N., Pierce, G. J. & Kinneary, J. A. M. Comparisons of size at maturity and fecundity of two Scottish populations of the European lobster, *Homarus gammarus*. in *Fisheries Research* vol. 65 137–152 (Elsevier, 2003).
 152. WoRMS - World Register of Marine Species - *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=107276>.
 153. Tourteau - *Cancer pagurus* | BioObs. https://bioobs.fr/fiche-espece/?id_espece=445.
 154. Haig, J. A. *et al.* Reproductive traits and factors affecting the size at maturity of *Cancer pagurus* across Northern Europe. *ICES J. Mar. Sci.* **73**, 2572–2585 (2016).
 155. Fisheries and Aquaculture - Aquatic species - *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2627/en>.
 156. Shelton, R. G. J. & Hall, W. B. A comparison of the efficiency of the Scottish creel and the inkwell pot in the capture of crabs and lobsters. *Fish. Res.* **1**, 45–53 (1981).
 157. Robinson, M. & Tully, O. Seasonal variation in community structure and recruitment

- of benthic decapods in a sub-tidal cobble habitat. *Mar. Ecol.-Prog. Ser. - MAR ECOL-PROGR SER* **206**, 181–191 (2000).
158. Pallas, A., Garcia-Calvo, B., Corgos, A., Bernardez, C. & Freire, J. Distribution and Habitat use Patterns of Benthic Decapod Crustaceans in shallow waters: a Comparative Approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **324**, 173–184 (2006).
 159. Amaral, V., Paula, J., Hawkins, S. & Jenkins, S. Cannibalistic interactions in two co-occurring decapod species: Effects of density, food, alternative prey and habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **368**, 88–93 (2009).
 160. Bennett, D. B. & Brown, C. G. Crab (*Cancer pagurus*) migrations in the English Channel. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **63**, 371–398 (1983).
 161. Bakke, S., Buhl-Mortensen, L. & Buhl-Mortensen, P. Some observations of *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758 (Decapoda, Brachyura) in deep water. (2019)
doi:10.1163/15685403-00003857.
 162. Triantafyllidis, A. et al. Mitochondrial DNA variation in the European lobster (*Homarus gammarus*) throughout the range. *Mar. Biol.* **146**, 223–235 (2005).
 163. Mesquita, C. *Crab and Lobster Fisheries in Scotland: Results of Stock Assessments 2009-2012*. <https://doi.org/10.7489/1703-1> (2016).
 164. Karlsson, K. & Christiansen, M. F. Occurrence and population composition of the edible crab (*Cancer pagurus*) on rocky shores of an islet on the South Coast of Norway. *Sarsia* **81**, 307–314 (1996).
 165. Howard, A. E. The distribution and behaviour of ovigerous edible crabs (*Cancer pagurus*), and consequent sampling bias. *ICES J. Mar. Sci.* **40**, 259–261 (1982).
 166. Woll, A. In situ observations of ovigerous *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758 in Norwegian waters (Brachyura, Cancridae). *Crustaceana* **76**, 469–478 (2003).
 167. Cuculescu, M. & Bowler, K. The isolation of a plasma membrane-rich fraction from the skeletal muscle of two species of marine crab, *Carcinus maenas* and *Cancer pagurus*. *Comp. Biochem. Physiol. Part B Comp. Biochem.* **106**, 263–267 (1993).
 168. Hyde, D., Pearson, T., Qari, S. & Bowler, K. Adaptive considerations of temperature

- dependence of neuromuscular function in two species of summer- and winter-caught Crab (*Carcinus maenas* and *Cancer pagurus*). *J. Comp. Physiol. [B]* **185**, 629–636 (2015).
169. Cuculescu, M. Acclimatory response to environmental temperature in two species of marine crab: the stenothermal *Cancer pagurus* and the eurythermal *Carcinus maenas*. (1996).
 170. Cuculescu, M., Hyde, D. & Bowler, K. Thermal tolerance of two species of marine crab, *Cancer pagurus* and *Carcinus maenas*. *J. Therm. Biol.* **23**, (1998).
 171. Hopkin, R., Qari, S., Bowler, K., Hyde, D. & Cuculescu, M. Seasonal thermal tolerance in marine Crustacea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **331**, 74–81 (2006).
 172. Heraghty, N. Investigating the abundance, distribution and habitat use of juvenile *Cancer pagurus* (L.) of the intertidal zone around Anglesey and Llŷn Peninsula, North Wales (UK). 75.
 173. Naylor, J. K., Taylor, E. W. & Bennett, D. B. The oxygen uptake of ovigerous edible crabs (*Cancer pagurus*)(L.) and their eggs. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* **30**, 29–44 (1997).
 174. Scott, K., Harsanyi, P. & Lyndon, A. R. Baseline measurements of physiological and behavioural stress markers in the commercially important decapod *Cancer pagurus* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **507**, 1–7 (2018).
 175. Mascaro, M. *Crab foraging behaviour : prey size and species selection in Carcinus maenas (L.) and Cancer pagurus L.* (University of Wales, Bangor, 1998).
 176. Ramsay, K., Kaiser, M. J., Moore, P. G. & Hughes, R. N. Consumption of Fisheries Discards by Benthic Scavengers: Utilization of Energy Subsidies in Different Marine Habitats. *J. Anim. Ecol.* **66**, 884–896 (1997).
 177. Haig, J., Rayner, G., Akritopoulou, E. & Kaiser, M. *Fecundity of Cancer pagurus in Welsh waters; a comparison with published literature.* (2015).
 178. Edwards, E. Mating Behaviour in the European Edible Crab (*Cancer Pagurus* L.). *Crustaceana* **10**, 23–30 (1966).

179. Haig, J., Pantin, J., Salomonsen, H. & Kaiser, M. J. Size at maturity of the edible crab (*Cancer pagurus*) in Welsh waters. 26.
180. Hall, S. J., Robertson, M. R., Basford, D. J. & Fryer, R. Pit-Digging by the Crab *Cancer pagurus* : A Test for Long-Term, Large-Scale Effects on Infaunal Community Structure. *J. Anim. Ecol.* **62**, 59–66 (1993).
181. Hines, A. H. Fecundity and reproductive output in nine species of Cancer crabs (Crustacea, Brachyura, Cancridae). (1991) doi:10.1139/f91-037.
182. Thrush, S. Spatial heterogeneity in subtidal gravel generated by the pit-digging activities of *Cancer pagurus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **30**, 221–227 (1986).
183. Eaton, D. R., Brown, J., Addison, J. T., Milligan, S. P. & Fernand, L. J. Edible crab (*Cancer pagurus*) larvae surveys off the east coast of England: implications for stock structure. *Fish. Res.* **65**, 191–199 (2003).
184. Thompson, B. M., Lawler, A. & Bennett, D. B. Estimation of the spatial distribution of spawning crabs (*Cancer pagurus* L.) using larval surveys in the English Channel. in vol. 199 139–150 (1995).
185. Le Foll, A. Contribution a l'étude de la biologie du crabe-tourteau *Cancer pagurus* sur les cotes de Bretagne sud. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.* **48**, 5–22 (1984).
186. Nichols, J. H., Thompson, B. M. & Cryer, M. Production, drift and mortality of the planktonic larvae of the edible crab (*Cancer pagurus*) off the North-East coast of England. *Neth. J. Sea Res.* **16**, 173–184 (1982).
187. Weiss, M. *et al.* Influence of temperature on the larval development of the edible crab, *Cancer pagurus*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **89**, 753–759 (2009).
188. Bliss, D. E. & Boyer, J. R. Environmental regulation of growth in the decapod crustacean *Gecarcinus lateralis*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **4**, 15–41 (1964).
189. Ungfors, A. Sexual maturity of the edible crab (*Cancer pagurus*) in the Skagerrak and the Kattegat, based on reproductive and morphometric characters. *ICES J. Mar. Sci.* **64**, 318–327 (2007).
190. Bakke, S. *et al.* Size at maturity and molting probability across latitude in female

- Cancer pagurus*. *Fish. Res.* **205**, 43–51 (2018).
191. Powell, A. & Rowley, A. F. Unchanged prevalence of shell disease in the edible crab *Cancer pagurus* four years after decommissioning of a sewage outfall at Langland Bay, UK. *Dis. Aquat. Organ.* **68**, 83–87 (2005).
 192. Ayres, P. A. & Edwards, E. Notes on the Distribution of “Black Spot” Shell Disease in Crustacean Fisheries. *Chem. Ecol.* **1**, 125–130 (1982).
 193. Vogan, C. & Rowley, A. Dynamics of shell disease in the edible crab *Cancer pagurus* : A comparative study between two sites on the Gower Peninsula, South Wales, UK. *Dis. Aquat. Organ.* **52**, 151–7 (2002).
 194. Vogan, C. L., Powell, A. & Rowley, A. F. Shell disease in crustaceans – just chitin recycling gone wrong? *Environ. Microbiol.* **10**, 826–835 (2008).
 195. Stentiford, G. D. Diseases of the European edible crab (*Cancer pagurus*): a review. *ICES J. Mar. Sci.* **65**, 1578–1592 (2008).
 196. Wang, W. Bacterial diseases of crabs: a review. *J. Invertebr. Pathol.* **106**, 18–26 (2011).
 197. Vogan, C. L., Costa-Ramos, C. & Rowley, A. F. Shell disease syndrome in the edible crab, *Cancer pagurus* - Isolation, characterization and pathogenicity of chitinolytic bacteria. *Microbiology* **148**, 743–754 (2002).
 198. Vogan, C. L., Llewellyn, P. J. & Rowley, A. F. Epidemiology and dynamics of shell disease in the edible crab *Cancer pagurus* : a preliminary study of Langland Bay, Swansea, UK. *Dis. Aquat. Organ.* **35**, 81–87 (1999).
 199. Johnson, P. T. Bacterial infection in the blue crab, *Callinectes sapidus* : course of infection and histopathology. *J. Invertebr. Pathol.* **28**, 25–36 (1976).
 200. Cipriani, G. R., Wheeler, R. S. & Sizemore, R. K. Characterization of brown spot disease of gulf coast shrimp. *J. Invertebr. Pathol.* **36**, 255–263 (1980).
 201. Cook, D. W. & Lofton, S. R. Chitinoclastic bacteria associated with shell disease in *Penaeus* shrimp and the blue crab (*Callinectes sapidus*). *J. Wildl. Dis.* **9**, 154–159 (1973).

202. Stentiford, G. D. *et al.* Infection by a Hematodinium-like parasitic dinoflagellate causes Pink Crab Disease (PCD) in the edible crab *Cancer pagurus*. *J. Invertebr. Pathol.* **79**, 179–191 (2002).
203. Alvarez, F., Hines, A. H. & Reaka-Kudla, M. L. Effects of parasitism by the barnacle *Loxothylacus panopaei* (Gissler) (Cirripedia: Rhizocephala) on growth and survival of the host crab *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) (Brachyura: Xanthidae). (1995).
204. Takahashi, T. & Matsuura, S. Laboratory Studies on Molting and Growth of the Shore Crab, *Hemigrapsus sanguineus* de Haan, Parasitized by a Rhizocephalan Barnacle. *Biol. Bull.* **186**, 300–308 (1994).
205. オカダヨウ. Sacculinization in *Eriocheir japonicus* de HAAN, with Remarks on the Occurrence of Complete Sex-reversal in Parasitized Male Crabs. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser B* **10**, 169–208 (1935).
206. Basson, M. A preliminary investigation of the possible effects of rhizocephalan parasitism on the management of the crab fishery around South Georgia. 18.
207. Neumann, V. A Review of the *Maja squinado* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) Species-complex with a Key to the Eastern Atlantic and Mediterranean Species of the Genus. *Journal of Natural History* vol. 32 1667–1684 (1998).
208. Sotelo, G., Morán, P. & Posada, D. Molecular Phylogeny and Biogeographic History of the European *Maja* Spider Crabs (Decapoda, Majidae). *Mol. Phylogenet. Evol.* **53**, 314–319 (2009).
209. WoRMS - World Register of Marine Species - *Maja brachydactyla* Balss, 1922. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=107347>.
210. Corgos, A. & Freire, J. Morphometric and Gonad Maturity in the Spider Crab *Maja brachydactyla*: a Comparison of Methods for Estimating Size at Maturity in Species with Determinate Growth. in *ICES Journal of Marine Science* vol. 63 851–859 (Oxford Academic, 2006).
211. Sohier, S., Petit de Voize, P. & Noël, P. *Maja brachydactyla* | DORIS. DORIS (2016).

212. Carlisle, D. B. On the hormonal inhibition of moulting in decapod Crustacea II. The terminal anecdyesis in crabs. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **36**, 291–307 (1957).
213. Corgos, A., Verisimo, P. & Freire, J. Timing and Seasonality of the Terminal Molt and Mating Migration in the Spider Crab *Maja Brachydactyla* : Evidence of Alternative Mating Strategies. *J. Shellfish Res.* **25**, 577–587 (2006).
214. Hines, A. H., Wolcott, T. G., González-Gurriarán, E., González-Escalante, J. L. & Freire, J. Movement Patterns and Migrations in Crabs: Telemetry of Juvenile and Adult Behaviour in *Callinectes Sapidus* and *Maja Squinado*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **75**, 27–42 (1995).
215. Le Foll, D. Biologie et Exploitation de l'Araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche Ouest. (1993).
216. De Kergariou, G. L'Araignée de Mer *Maia squinado* L. sur le Littoral de Bretagne. *Bull. Institutionnel Pêch. Marit.* **205**, 12–19 (1971).
217. Bernárdez, C., Freire, J. & González-Gurriarán, E. Migratory Patterns of Female Spider Crabs *Maja Squinado* Detected Using Electronic Tags and Telemetry. *J. Crustac. Biol.* **22**, 91–97 (2002).
218. Corgos, A., Sánchez, N. & Freire, J. Dynamics of the Small-Scale Spatial Structure of a Population of the Spider Crab *Maja brachydactyla* (Decapoda: Majidae). *J. Shellfish Res.* **29**, 25–36 (2010).
219. Bernardez, C. *et al.* Spatial structure of the spider crab, *Maja brachydactyla* population: Evidence of metapopulation structure. *Artic. J. Sea Res.* **66**, 9–19 (2011).
220. Stevcic, Z. Relations interspécifiques de l'Araignée de mer. *Rapp Comm Int Mer Médit* **19**, 147–149 (1968).
221. Bodin, N. *et al.* Variability of stable isotope signatures ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in two spider crab populations (*Maja brachydactyla*) in Western Europe. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **343**, 149–157 (2007).
222. Bernárdez, C., Freire, J. & González-Gurriarán, E. Feeding of the spider crab *Maja squinado* in rocky subtidal areas of the Ria de Arousa (north-west Spain). *J. Mar. Biol.*

- Assoc. U. K. **80**, 95–102 (2000).
223. Freire, J., Carabel, S., Verísimo, P., Bernádez, C. & Fernández, L. Patterns of Juvenile Habitat Use by the Spider Crab *Maja brachydactyla* as Revealed by Stable Isotope Analyses. *Sci. Mar.* **73**, 39–49 (2009).
224. Freire Botana, J. M., Fernández Rodríguez, L. J. & González Gurriarán, E. *Interactions of the fishery of the spider crab Maja squinado with mating, reproductive biology and migrations*. 14 (1998).
225. Castejón, D., Rotllant, G. & Guerao, G. Factors influencing successful settlement and metamorphosis of the common spider crab *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Brachyura: Majidae): Impacts of larval density, adult exudates and different substrates. *Aquaculture* **501**, 374–381 (2019).
226. Guerao, G. & Rotllant, G. Post-larval development and sexual dimorphism of the spider crab *Maja brachydactyla* (Brachyura: Majidae). *Sci. Mar.* **73**, 797–808 (2009).
227. González-Gurriarán, E., Fernández, L., Freire, J., Muiño, R. & Parapar, J. Reproduction of the Spider Crab *Maja squinado* (Brachyura: Majidae) in the Southern Galician coast (NW Spain). in *ICES, Shellfish Committee* 15 (1993).
228. Sampedro, M. P., González-Gurriarán, E., Freire, J. & Muiño, R. Morphometry and Sexual Maturity in the Spider Crab *Maja Squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. *J. Crustac. Biol.* **19**, 578–592 (1999).
229. Lasker, R. Feeding, Growth, Respiration, and Carbon Utilization of a Euphausiid Crustacean. *J. Fish. Res. Board Can.* **23**, 1291–1317 (1966).
230. Relini, L. O., Zamboni, A., Fiorentino, F. & Massi, D. Reproductive patterns in Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.), (Crustacea Decapoda Nephropidae) of different Mediterranean areas. *Sci. Mar.* **62**, 25–41 (1998).
231. Castejón, D., Rotllant, G., Giménez, L., Torres, G. & Guerao, G. The Effects of Temperature and Salinity on the Survival, Growth and Duration of the Larval Development of the Common Spider Crab *Maja brachydactyla* (Balss, 1922) (Brachyura: Majidae). *J. Shellfish Res.* **34**, 1073–1083 (2015).

232. Pervaiz, P. A., Sudan, M. & Manohar, S. Studies on the Effect of Photoperiodism and Temperature on Moulting of a Freshwater Prawn *Macrobrachium dayanum*. (2015).
233. Westin, L. & Gydemo, R. Influence of light and temperature on reproduction and moulting frequency of the crayfish, *Astacus astacus* L. *Aquaculture* **52**, 43–50 (1986).
234. Miller, R. J. & Watson, J. Growth Per Molt and Limb Regeneration in the Spider Crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Fish. Res. Board Can.* **33**, 1644–1649 (1976).
235. Tallack, S. M. L. The reproductive cycle and size at maturity observed in *Cancer pagurus* in the Shetland Islands, Scotland. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **87**, 1181–1189 (2007).
236. MacDiarmid, A. B. Moulting and reproduction of the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae) in northern New Zealand. *Mar. Biol.* **103**, 303–310 (1989).
237. Corgos, A. & Freire, J. Sex and size patterns in the moult cycle of a shallow water population of the spider crab *Maja brachydactyla* in the Ría de A Coruña (NW Spain). (2007).
238. Fernández, L., Parapar, J., González-Gurriarán, E. & Muíño, R. Epibiosis and Ornamental Cover Patterns of the Spider Crab *Maja squinado* on the Gallician coast, Northwestern Spain : Influence of Behavioral and Ecological Characteristics of the Host. *J. Crustac. Biol.* **18**, 728–737 (1998).
239. González-Gurriarán, E., Fernández, L., Freire, J. & Muíño, R. Mating and Role of Seminal Receptacles in the Reproductive Biology of the Spider Crab *Maja squinado* (Decapoda, Majidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **220**, 269–285 (1998).
240. Hartnoll, R. G. The Biology of Spider Crabs: A Comparison of British and Jamaican Species. *Crustaceana* vol. 9 1–16 (1965).
241. Sotelo, G., Morán, P., Fernández, L. & Posada, D. Genetic variation of the spiny spider crab *Maja brachydactyla* in the northeastern Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **362**, 211–223 (2008).
242. Verisimo, P. et al. Changes between consecutive broods in the fecundity of the spider crab, *Maja brachydactyla*. *ICES J. Mar. Sci.* **68**, 472–478 (2011).

243. Guerao, G., Rotllant, G. & Anger, K. Characterization of Larval Moulting cycles in *Maja brachydactyla* (Brachyura, Majidae) Reared in the Laboratory. *Aquaculture* **302**, 106–111 (2010).
244. Palma, J., Correia, M. & Andrade, J. P. Usefulness of flat bottom tanks on the settlement of spider crab (*Maja squinado*, Herbst) larvae. *Aquac. Res.* **39**, 1005–1008 (2008).
245. Clark, P. F. The Larval Stages of *Maja squinado* (Herbst, 1788) (Crustacea: Brachyura: Majidae) Reared in the Laboratory. *J. Nat. Hist.* **20**, 825–836 (1986).
246. Lebour, M. V. The Larval Stages of the Plymouth Brachyura. *Proc. Zool. Soc. Lond.* **98**, 473–560 (2009).
247. Lebour, M. V. Studies of the Plymouth brachyura. I. The rearing of crabs in captivity; with a description of the larval stages of *Inachus dorsettensis*, *Macropodia longirostris* and *Maia squinado*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* (1927).
248. Latrouite, D. *Développement de la pêche au homard - Rapport interne IFREMER*. (2004).
249. *Pêcherie de homard au large du Croisic, état du stock et éléments de sa biologie - Rapport interne IFREMER*. (2013).
250. Guénette, S. & Gascuel, D. Shifting baselines in European fisheries: The case of the Celtic Sea and Bay of Biscay. *Ocean Coast. Manag.* **70**, 10–21 (2012).
251. Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB; outputs from 2019 meet-ing). *ICES Sci. ReportsRapports Sci. CIEM* **3**, (2021).
252. FranceAgriMer. Données de ventes déclarées en halles à marée en 2018. (2018).
253. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. 114 (2010).
254. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. 84 (2012).
255. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. 80 (2016).

256. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. https://ices-library.figshare.com/articles/report/Report_of_the_Working_Group_on_the_Biology_and_Life_History_of_Crabs_WGCRAB_/19257338/1 (2013) doi:10.17895/ices.pub.8835.
257. ICES. *Interim report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. https://ices-library.figshare.com/articles/report/Interim_report_of_the_Working_Group_on_the_Biology_and_Life_History_of_Crabs_WGCRAB_/18616391/1 (2018) doi:10.17895/ices.pub.8104.
258. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. 80 (2016).
259. CNPMM. *Délibération du Bureau n° B78/2020 relative aux conditions d'exercice de la pêche des crustacés – consolidée de la délibération n°B18/2021*. (2020).
260. CNPMM. *Délibération du Bureau n° B18/2021 portant modification de la délibération n°B78/2020 relative aux conditions d'exercice de la pêche des crustacés*. (2021).
261. CRPMM Bretagne. *2022-005 Délibération Crustacés – CRPM – A » du 11 mai 2022*. (2022).
262. CRPMM Bretagne. *2022-006 Délibération Crustacés – CRPM – B » du 11 mai 2022*. (2022).
263. CRPMM Normandie. *Délibération 2019/28 CRUMW23 portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest*. (2019).
264. CRPMM Normandie. *Avenant n°1 à la Délibération 2019/28 CRUMW23 portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (Ville)*. (2019).
265. CRPMM Normandie. *Délibération 2019/29 CRUME19 portant organisation de la pêche des crustacés en MANCHE EST occidentale secteur Manche et Calvados (50 et 14)*. (2019).
266. CRPMM Normandie. *Avenant n°1 à la Délibération 2019/29-CRUME19 portant sur*

l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale – secteur Manche et Calvados (50 et 14).

267. CRPMEM Normandie. *Délibération n°2019/30 CRUSM2 Relative à la pêche des Crustacés en Seine Maritime.* (2019).
268. CRPMEM Hauts-de-France. Note relative à la fixation des mesures techniques pour la pêche du homard, de l'araignée de mer, du tourteau et de l'étrille au casier et au filet dans le ressort géographique de compétence du CRPMEM Hauts-de-France pour Campagne 2022. (2022).
269. CRPMEM Hauts-de-France. *Délibération n°11/2020 relative à la fixation de mesures techniques pour la pêche du homard, de l'araignée de mer, du tourteau et de l'étrille au casier et au filet dans le ressort géographique de compétence du CRPMEM Hauts-de-France.* (2020).
270. CNPMEM. *Délibération n°B78/2020 relative aux conditions d'exercice de la pêche des crustacés - consolidée de la délibération n°B18/2021.*
271. Chong, L. *et al.* Performance evaluation of data-limited, length-based stock assessment methods. *ICES J. Mar. Sci.* **77**, (2020).
272. Miethe, T., Reece, Y. & Dobby, H. Reference points for the length-based indicator $L_{max5\%}$ for use in the assessment of data-limited stocks. *ICES J. Mar. Sci.* **76**, 2125–2139 (2019).
273. Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N. & Prince, J. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* **72**, 217–231 (2015).
274. Hordyk, A., Ono, K., Sainsbury, K., Loneragan, N. & Prince, J. Some explorations of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. *ICES J. Mar. Sci.* **72**, 204–216 (2015).
275. *Cancer pagurus*, Edible crab : fisheries.
<https://www.sealifebase.ca/summary/Cancer-pagurus.html>.
276. Sheehy, M. R. J. & Prior, A. E. Progress on an old question for stock assessment of

- the edible crab *Cancer pagurus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **353**, 191–202 (2008).
277. Pêche et aquaculture - Métadonnées de collecte - La liste ASFIS des espèces pour les besoins des statistiques des pêches. <https://www.fao.org/fishery/fr/collection/asfis>.
278. What is a Kobe plot? by Western Pacific Regional Fishery Management Council - Issuu. https://issuu.com/wpcouncil/docs/what_is_a_kobe_plot.
279. Prolifération des araignées de mer : des solutions d'urgence pour les mytiliculteurs manchois. *ici, par France Bleu et France 3*
<https://www.francebleu.fr/infos/societe/proliferation-des-araignees-de-mer-des-solutions-d-urgence-pour-les-mytiliculteurs-manchois-1663792579> (2022).
280. Andrialovanirina, N. Diagnostic de l'état de la pêcherie de Manche Orientale en intégrant la perception des pêcheurs. 51.
281. Dans le Cotentin, les araignées de mer mettent en grand danger les moules de bouchot. *actu.fr* https://actu.fr/societe/dans-le-cotentin-les-araignees-de-mer-mettent-en-grand-danger-les-moules-de-bouchot_52977059.html.
282. Pêche : les araignées de mer s'attaquent aux moules de bouchot. *Franceinfo*
https://www.francetvinfo.fr/replay-jt/france-2/13-heures/peche-les-araignees-de-mer-s-attaquent-aux-moules-de-bouchot_5476746.html (2022).
283. Vu du Royaume-Uni. L'araignée de mer menace les moules de bouchot des côtes normandes. *Courrier international* <https://www.courrierinternational.com/article/vu-du-royaume-uni-l-araignee-de-mer-menace-les-moules-de-bouchot-des-cotes-normandes> (2022).
284. Araignées de mer en surnombre : les moules en danger. *TF1 INFO*
<https://www.tf1info.fr/societe/video-araignees-de-mer-en-surnombre-les-moules-en-danger-2233269.html> (2022).
285. Manche. L'araignée de mer s'attaque aux moules de bouchot : ils réclament des mesures d'urgence. *actu.fr* https://actu.fr/normandie/saint-lo_50502/manche-l-araignee-de-mer-s-attaque-aux-moules-de-bouchot-ils-reclament-des-mesures-d-urgence_53975993.html.

286. Les araignées de mer dévorent les moules : les producteurs veulent 'les éliminer'.
France 3 Normandie <https://france3-regions.francetvinfo.fr/normandie/manche/granville/les-araignees-de-mer-devorent-les-moules-les-producteurs-veulent-les-eliminer-2597120.html>.
287. GALL, M. C.-G. et A. L. REPORTAGE. L'araignée de mer, très encombrant voisin des mytiliculteurs. *Ouest-France.fr* <https://www.ouest-france.fr/mer/reportage-l-araignee-de-mer-tres-encombrant-voisin-des-mytiliculteurs-a57ba7a4-43ec-11ed-9f8f-3a4ea2d19641> (2022).
288. Domenech, C. Les moules de bouchot normandes menacées par les araignées de mer. *Geo.fr* <https://www.geo.fr/environnement/l-araignee-de-mer-menace-les-moules-de-bouchot-des-cotes-normandes-211963> (2022).

Annexes

Annexe 1 - Synthèses bibliographiques réalisées dans le cadre de MECANOR² sur la biologie et les pêcheries de bulot, homard, tourteau et araignées (avril 2021)

Synthèse bibliographique : Le bulot *Buccinum undatum*

Anaïs Roussel, Kristell Kellner, Vincent Lefebvre

Table des matières

Table des matières	140
Biologie	141
Identification taxonomique et morphologique	141
Répartition	142
Croissance.....	143
Ecologie trophique	144
Préférences environnementales	144
Cycle de vie	145
La pêcheerie	147
Contexte de l'exploitation du bulot	147
Identification des stocks.....	148
Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants	149
Bibliographie	151

Biologie

Identification taxonomique et morphologique

Le bulot, ou buccin, *Buccinum undatum*¹, est un mollusque gastéropode subtidal très commun des côtes Atlantiques Nord²⁻⁶.

Table 1 – Taxonomie du buccin *Buccinum undatum*

Biota	Règne	Phylum	Classe	Sous classe
	Animalia	Mollusca	Gasteropoda	Caenogastropoda
Ordre	Super famille	Famille	Genre	
Neogastropoda	Buccinoidea	Buccinidae	Buccinum	

Bien qu'il présente de fortes disparités morphologiques entre et au sein de la même population, mais également en fonction des conditions environnementales dans lesquelles il se développe^{2,6,15,16,7-14}, le bulot reste facilement identifiable grâce à la morphologie caractéristique de sa coquille^{7,17,18}. C'est un animal gonochorique, c'est-à-dire que les sexes sont séparés^{12,19,20}. Il présente par ailleurs une dimorphie qu'il est possible d'observer seulement lorsque l'animal est hors de sa coquille³. Lorsqu'il est sexuellement mature, le mâle présente un pénis au niveau de son pied (marqué  sur la figure 1a). La femelle quant à elle, développe sa glande coquillière (marquée  sur la figure 1b). Les gonades sont situées au niveau de la masse viscérale enroulée () , et leur coloration évolue selon le degré de maturité sexuelle de l'animal.

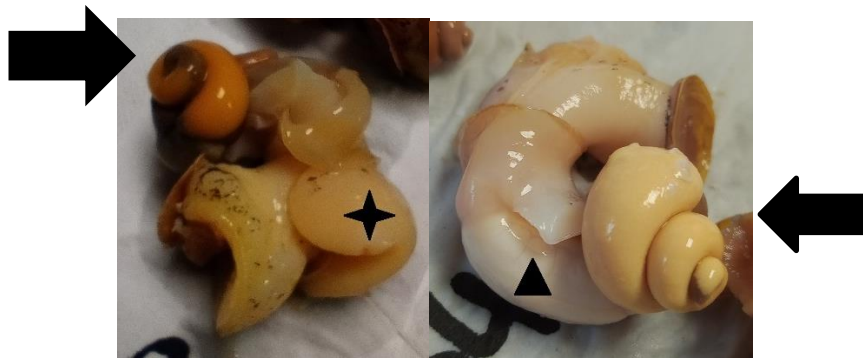


Figure 1 a et b : Morphologie des buccins décoquillés mâle (a) et femelle (b) sexuellement matures. ✦ : pénis chez le mâle. ▲ : glande coquillère chez la femelle. L'emplacement de la gonade est signalé en ➡ .
(@Anaïs Roussel).

Répartition

Le buccin est présent sur l'ensemble de l'Atlantique Nord (Figure X), sur les côtes canadiennes comme sur les côtes Européennes ²⁻⁶. En France, il est abondant sur l'ensemble de la façade maritime française (Figure 2 & 3). L'espèce est pêchée historiquement dans la Baie de Granville et plus largement en Normandie ^{21,22}. Une pêcherie s'est également développée dans les Hauts-de-France dernières années.

Les différentes populations de bulot présentent de fortes disparités génétiques et morphologiques, entre notamment l'Atlantique Est et Ouest, ainsi qu'avec la population du Groenland. Les différences génétiques entre ces 3 sous-populations sont quasiment de l'ordre d'une différence interspécifique. Elles sont liées aux différents évènements de glaciations et à la faible connectivité liée à leur faible activité de déplacement ^{21,23-27}.



Figure 2 – Aire de répartition du bulot, *Buccinum undatum* ⁷

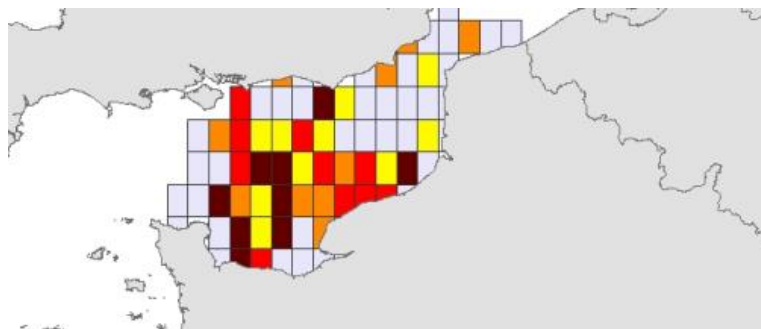


Figure 3 – Abondance du bulot dans les campagnes scientifiques de Manche Est entre 2005 et 2010 ²⁸

Le bulot vit en zone subtidale, jusqu'à 100 à 200 mètres de profondeur ^{5,7,29-31}, préférentiellement sur les fonds de débris coquilliers ²⁹. Sur les côtes Canadiennes, on retrouve les bulots vers 20 mètres de profondeur environ ¹⁷. Les capsules et juvéniles peuvent éventuellement être présents en zone intertidale à de rares occasions ^{32,33}. C'est un animal qui ne migre pas, sédentaire dont la capacité de déplacements est faible ^{8,12,16,34}.

Croissance

Les bulots ont une croissance continue mais lente ^{8,29}. Elle est stimulée par des plus hautes températures, dans la limite de sa tolérance thermique au-delà de laquelle la croissance est fortement inhibée ³⁵. Ils peuvent atteindre une taille maximale de 15 cm ¹⁷. Il est possible de retracer la croissance de cet animal par lecture des incréments annuels de croissance visibles sur l'opercule. Cependant, cette méthode manque parfois de précision et les opercules peuvent être difficiles à lire. La morphologie enroulée de la coquille rend difficile la sclérochronologie sur cette partie calcifiée. En revanche, les statolithes des bulots, qui

présentent également des incréments de croissance annuels, peuvent être utilisés en sclérochronologie. Cependant, cette méthode reste couteuse à mettre en place ^{9,10,20,36,37}.

La croissance, comme la plupart des autres caractéristiques biologiques, varie entre les zones et les stocks ^{8,9,38-40}. Généralement, elle est ralentie après l'acquisition de la maturité ¹⁶.

Ecologie trophique

Le bulot est un gastéropode prédateur et nécrophage, il consomme principalement les bivalves et les polychètes⁴¹, mais son régime alimentaire est varié, dépendant des proies qu'il rencontre ⁴². Grâce à ses chémorécepteurs, il peut détecter ses proies à plus ou moins grande distance en fonction du sens et de la puissance du courant ^{17,27,34,41}. Les bulots sont des nécrophages potentiels, mais ils se nourrissent généralement de proies vivantes ⁴³. Leur prise alimentaire est variable selon la saison, le milieu dans lequel l'animal évolue, elle augmente généralement au moment de la reproduction, particulièrement chez les femelles ^{44,45}.

Les bulots sont la proie des oursins et étoiles de mer, mais également des homards sur la côte américaine ^{16,46,47}. Ils sont plus vulnérables lors de la reproduction au cours de laquelle ils sont agrégés ⁴⁸. La présence de prédateurs dans leur environnement modifie d'ailleurs certaines de leurs caractéristiques morphologiques (épaisseur de la coquille, taille du canal siphonal, ...) ou leurs comportements (fuite face au danger, ...) ^{47,49,50}. Lorsque les besoins alimentaires augmentent, les buccins peuvent adopter un comportement différent et se rapprocher des prédateurs afin d'augmenter leur prise alimentaire en consommant des proies plus grosses ^{44,45,50}.

Les besoins alimentaires et les besoins en énergie varient selon la saison, ces derniers sont plus importants notamment pour la femelle pendant la période de ponte. La production de mucus peut également mobiliser jusqu'à 25% des réserves en énergie ⁴⁸.

Lorsque la coquille est abîmée (par les engins de pêche trainants comme la drague, par exemple), ils sont plus vulnérables face à ses prédateurs ^{16,46,51}.

Préférences environnementales

Les buccins supportent mal les hautes températures, et le maximum de tolérance thermique est situé autour de 29°C ^{29,30,32}. Au-dessus de cette température, le succès reproducteur comme la croissance sont fortement réduits ⁴.

Si les adultes ne fréquentent pas la zone intertidale, car ils sont très peu tolérants à la dessiccation ^{30,32}, on peut parfois y retrouver de petits juvéniles ¹⁷. Les basses températures augmentent la tolérance à la pression des bulots, leur permettant de vivre plus profond ⁴.

Il peut tolérer des salinités jusqu'à 2‰, bien que ce genre de valeurs ne soit pas fréquent dans son habitat ²⁹.

Cycle de vie

Les adultes sont sédentaires et peu mobiles. Les populations de bulots sont généralement de taille réduite, avec une faible dispersion, et allopatriques ^{8,10}. Ces petites sous-populations se reproduisent majoritairement entre elles, provoquant des évolutions locales des traits biologiques (morphologie, ...), mais également une forte structure génétique à faible distance ^{2,6,15,21,23–27,7–14}.

Des travaux antérieurs réalisés sur des cohortes de bulots pêchés dans l'ouest cotentin ont montré que la maturité sexuelle est atteinte pour plus de 50% des animaux dans leur 3ème (mâles) ou 4ème (femelles) année de vie sur ce site ^{2,8,38}.

La gamétogenèse est annuelle et les pontes ont lieu chaque année ¹⁶. Le stade de développement gonadique peut être évalué après dissection des animaux (taille, couleur de la gonade et des glandes annexes) ou encore par l'observation de coupes histologiques de gonades. Dans le Cotentin et en Manche Ouest, les mâles produisent des spermatozoïdes généralement dès la fin de l'été sur ce site ^{8,52,53}, et les femelles contiennent des ovocytes vitellogéniques en début d'hiver (octobre-novembre), mais cela reste variable en fonction des conditions environnementales et des caractéristiques biologiques propres à une population ^{9,15,38}. L'investissement reproducteur est beaucoup plus important chez les femelles, notamment pendant la période de ponte ^{54,55}.

En Manche Ouest, la ponte a lieu entre novembre et décembre, tandis qu'elle a lieu au printemps sur les côtes canadiennes ^{29,54,56}. La fécondation est interne. La femelle peut stocker le sperme dans un réceptacle séminal pendant 8 semaines avant de féconder ses œufs ⁵⁷. En effet, puisque les mâles et femelles ne sont pas matures en même temps, le stockage permet à la femelle de compléter son cycle de développement de maturité avant de produire des œufs. Les bulots se regroupent en des masses agrégées, desquelles sont issus des amas de capsules ^{38,54,56,58,59}.

Chaque femelle pond entre 80 et 150 capsules, chacune contenant entre 500 et 2000 œufs desquels seul 1% arrivera à l'éclosion ^{17,58}. Après une période d'incubation où l'œuf se

développe en juvénile au sein de la capsule, en se nourrissant des autres œufs, les juvéniles sortent de la capsule au début du printemps dans les eaux européennes ^{16,32,54,57}.

Toute la phase larvaire se déroule donc à l'intérieur des capsules, durant 130 à 140 jours ^{8,58}. Les juvéniles qui en sortent lors de l'éclosion ont une morphologie similaire aux adultes.

En résumé, dans l'ouest Cotentin :

- acquisition de la maturité vers 3 ans
- maturité sexuelle des mâles et femelles asynchrone
- ponte sous forme de masses agrégées
- production de ~150 capsules par femelles (~1000 œufs par capsule)
- développement intracapsulaire de quelques juvéniles par capsule avant l'éclosion - adelphophagie

Imposex et impact des polluants sur le bulot : Le TBT est un polluant perturbateur endocrinien présent dans les peintures antifouling des bateaux. Aujourd'hui interdit, il reste tout de même présent en quantité dans les eaux, surtout là où le trafic maritime est important ^{60,61}. Les bulots qui se développent dans les zones polluées peuvent développer le phénomène de l'imposex : les femelles développent un pénis non fonctionnel, et *in fine* deviennent infertiles ¹⁴. L'imposex devient alors un indicateur de la pollution ^{8,62,63} des milieux dans lesquels se sont développés les bulots, puisqu'en effet, si les œufs et les adultes semblent moins sensibles, les juvéniles présentent une grande sensibilité à ce polluant ^{64,65}. Enfin, même si l'imposex ne réduit pas la maturité fonctionnelle des femelles, il se pourrait qu'elle limite voire empêche pratiquement la reproduction ^{39,66–68}.

La pêche

Contexte de l'exploitation du bulot

Principaux pays producteurs : En Europe, les principaux pays producteurs sont la France et l'Angleterre. En France, la pêche au bulot peut être l'activité principale du navire, ou une activité complémentaire en vue d'une diversification. Les 2/3 des débarquements français sont réalisés dans la Baie de Granville ⁷, et à Jersey pour les débarquements du Royaume Uni ⁶⁹. En 2018, Ifremer estimait la production française à 15000 tonnes annuelles ²². Sur les côtes canadiennes, près de 2 000 tonnes sont débarquées chaque année (dont 50% au Québec) ⁷⁰.

Le bulot est pêché exclusivement au casier. Les bateaux font généralement moins de 12 mètres, même si quelques fileyeurs-caseyeurs des Hauts-de-France peuvent faire jusqu'à 18 mètres. En Normandie et Bretagne, la pêche au bulot est pratiquée tout au long de l'année par des bateaux dont c'est l'activité principale. Cependant, sur l'ensemble de la façade, certains bateaux pratiquent la pêche du bulot en complément d'une ou plusieurs autres activités (casier à crustacés, filet à poisson, ...).

Selon les régions et le degré de dépendance du bateau à cette pêche, les caractéristiques de l'engin peuvent varier. Il existe des casiers en forme de cloche disponibles dans le commerce (figure 4a), des casiers comme ceux de la figure 4b, majoritairement utilisés à Jersey, et enfin des casiers artisanaux faits à partir de bidons (figures 4c et d).





Figures 4a, b, c (@Laurence Hegron Macé) & d (@Anaïs Roussel) – Photographies des différents casiers à bulots rencontrés sur la façade Normandie et Hauts-de-France

Le socle des casiers de la figure 4a peut être constitué en béton ou en métal. Selon les professionnels, les casiers avec socle en métal s'enfoncent mieux dans les fonds, permettant au bulot de monter dans la trappe du casier plus facilement. Cependant ces casiers sont plus coûteux pour l'armateur, et on ne les retrouve en général que sur les bateaux dont c'est l'activité principale. Les casiers sont appâtés avec du tourteau, de l'araignée ou encore de la roussette.

En 2018 et 2019, le prix moyen annuel des bulots en halle à marée était de 4.3 et 4.4€, respectivement. En 2020, le prix moyen annuel était de 5.6€. Ce prix plus élevé est dû aux variations du marché liées à la crise sanitaire du COVID 19.

Le bulot est fortement suivi dans la Baie de Granville et dans le Cotentin. Ce suivi régulier a permis de porter une labellisation MSC du bulot de la Baie de Granville.

Les casiers à bulots sont souvent appâtés avec du tourteau ou de l'araignée. Aussi, ces espèces ne sont pas débarquées mais utilisées pour la pêche du bulot ⁷¹, malgré leur forte valeur ajoutée (notamment pour le tourteau).

Identification des stocks

Il existe de grandes différences dans les caractéristiques morphologiques et biologiques des populations de bulots au sein de son aire de répartition ^{2,38,72,73}. Il est fait mention dans certains articles de 'stocks' de bulots ^{8,10,74}. Cependant, ces derniers n'ont pas été formellement identifiés par des études, et relèvent plus de zones d'activité de pêche que de stocks ou de populations à proprement parler. On y retrouve néanmoins des caractéristiques biologiques distinctes (par exemple des structures de taille variables, ...), mais ces différences relèvent probablement d'une dérive des caractères de la population liée à des pressions de pêche différentes. A plus grande échelle, il y a de grandes différences morphologiques, génétiques, et une connectivité des populations très faibles. En effet, le bulot est un animal avec une faible

dispersion larvaire et une faible capacité de déplacement. Aussi, on retrouve 3 grands ensembles de bulots ayant une forte structure génétique : sur les côtes Américaines, au niveau du Groenland, et en Europe ^{2,6,15,21,23–27,7–14}.

De plus, les méthodes classiques permettant d'estimer les populations, comme les captures marquage recapture, ne fonctionnent pas avec ces animaux ⁷⁵, ce qui complique encore l'identification des stocks.

Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants

La principale mesure de gestion appliquée globalement à l'échelle de la Manche Est, et en Europe, est la taille minimale de capture fixée à 45 mm. Cependant, elle est bien inférieure à la taille à laquelle il est estimé que 50% des individus sont matures, quelle que soit la zone étudiée ^{8,38,76}. La croissance et la structure de taille varie également grandement en fonction des populations. Ces différences devraient impliquer des règles de gestion locales et stock-spécifiques qui sont parfois difficiles à mettre en œuvre ⁸. Les bulots ont une faible dispersion, et donc présentent de nombreuses petites populations allopatriques qui nécessiteraient une gestion spécifique locale ^{2,38,39,72,73,77}.

Au vu de l'intérêt grandissant des pêcheurs artisans pour cette ressource, l'inquiétude quant à une surexploitation est grandissante sur l'ensemble de la façade ^{40,61}. A Jersey, les rendements et structures de taille des captures semblent indiquer que la pêcherie est recruitment-based, soit que les juvéniles recrutés dans l'année sont quasiment tous pêchés sans avoir le temps de grandir aux classes de taille supérieures ^{38,78}.

Table 2 – Principales mesures de gestion pour la pêche professionnelle du bulot en France et en Europe

Attention, ce tableau est établi pour la situation en 2020, et n'a qu'un but informatif. Merci de vous référer aux arrêtés les plus récents, disponibles auprès des comités régionaux des pêches de votre région pour la réglementation en vigueur.

	France		Jersey	Angleterre
	Normandie ^{16,79,80}	Hauts-de-France ^{16,81}	82	16,83
TAC & quotas	Espèce non soumise à TAC et quota			
Limites de capture	Seine Maritime : 1200 kg (4.5-7 cm) + 500 kg (+7 cm) Manche Ouest : 810 kg par bateau (ou 270 kg par homme)	400-100-50 / homme		300 kg/homme, 900 kg/bateau 60 tonnes (et 15 tonnes entre octobre et décembre) au pays de Galle
Taille minimale de capture	45 mm	45 mm	50 mm	45 mm, 65 mm dans les eaux du pays de Galle
Nb maximum de casier	Seine Maritime : 900 par bateau Manche Ouest : 240 casiers par homme (3 max)	200-100-50 / homme	900 (dont 450 dans les 3 miles) par bateau	300 casiers
Taille maximale de capture	Seine Maritime : 70 mm			
Nombre de licences	Seine Maritime : 50 Manche Ouest : 66	43 réparties en 3 timbres		
Saisons de fermeture	Seine Maritime : interdite dans les 0-6 nm du 1 ^e juin au 15 septembre Manche Ouest : fermeture en janvier	Selon zones de pêche	De janvier à octobre dans les 3 miles	
Jour de pêche	Du lundi au vendredi	Fermée le dimanche ou les jours fériés		
Dispositif de tri à bord	Table de tri de 22 mm minimum	Table de tri de 22 mm minimum	Table de tri de 22 mm minimum	

Bibliographie

1. Gofas, S. & Fraussen, K. WoRMS - World Register of Marine Species - *Buccinum undatum* Linnaeus, 1758. (2010).
2. Shelmerdine, R. L., Adamson, J., Laurenson, C. H. & Leslie (néé Mouat), B. Size variation of the common whelk, *Buccinum undatum*, over large and small spatial scales: Potential implications for micro-management within the fishery. *Fish. Res.* **86**, 201–206 (2007).
3. Fey, L., Buron, D. & Müller, Y. *Buccinum undatum* Linnaeus, 1758. DORIS <https://doris.ffesmm.fr/ref/specie/860> (2021).
4. Smith, K. E. Physiological thresholds through early ontogeny: the effects of temperature and hydrostatic pressure on the common whelk *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). (2013).
5. Borsetti, S., Munroe, D., Rudders, D. B., Dobson, C. & Bochenek, E. A. Spatial variation in life history characteristics of waved whelk (*Buccinum undatum* L.) on the U.S. Mid-Atlantic continental shelf. *Fish. Res.* **198**, 129–137 (2018).
6. Magnúsdóttir, H., Pálsson, S., Westfall, K. M., Jónsson, Z. O. & Örnólfssdóttir, E. B. Morphological variation in genetically divergent populations of the common whelk, *Buccinum undatum* (Gastropoda: Buccinidae), across the North Atlantic. *Biol. J. Linn. Soc.* **128**, 93–106 (2019).
7. FAO. FAO Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets - *Buccinum undatum* (Linnaeus, 1758).
8. Fahy, E., Masterson, E., Swords, D. & Forrest, N. A second assessment of the whelk fishery *Buccinum undatum* in the southwest Irish Sea with particular reference to its history of management by size limit. (2000).
9. Hollyman, P. R. Age, Growth and Reproductive Assessment of the Whelk, *Buccinum undatum*, in Coastal Shelf Seas - ProQuest. (2017).
10. Woods, P. & Jonasson, J. P. Bayesian hierarchical surplus production model of the common whelk *Buccinum undatum* in Icelandic waters. *Fish. Res.* **194**, 117–128 (2017).

11. Laptikhovsky, V. *et al.* A novel approach for estimation of the natural mortality of the common whelk, *Buccinum undatum* (L.) and role of hermit crabs in its shell turnover. *Fish. Res.* **183**, 146–154 (2016).
12. Magnúsdóttir, H. Phenotypic and genotypic variation in the subtidal gastropod *Buccinum undatum*. (2020).
13. Magnúsdóttir, H., Pálsson, S., Westfall, K. M., Jónsson, Z. O. & Örnólfsson, E. B. Shell morphology and color of the subtidal whelk *Buccinum undatum* exhibit fine-scaled spatial patterns. *Ecol. Evol.* **8**, 4552–4563 (2018).
14. Dahl-Hansen, I. E. TBT-induced imposex related to age and length in *Buccinum undatum* at two localities in Balsfjorden. (2009).
15. Haig, J. A., Pantin, J. R., Salomonsen, H., Murray, L. G. & Kaiser, M. J. Temporal and spatial variation in size at maturity of the common whelk (*Buccinum undatum*). *ICES J. Mar. Sci.* **72**, 2707–2719 (2015).
16. Blue Marine Foundation. Management recommendations for English non-quota fisheries: Common whelk. (2017).
17. Fey, L., Buron, D. & Müller, Y. *Buccinum undatum* Linneaus, 1758. *DORIS* (2018).
18. Watson, S.-A. Latitudinal gradients in marine invertebrate shell morphology: production costs and predation pressure. (University of Southampton, 2009).
19. Magnúsdóttir, H. The common whelk (*Buccinum undatum* L.): Life history traits and population structure. (2010).
20. Cochard, M. L., Elleboode, R. & Mahé, K. Ageage des Buccins (*Buccinum Undatum* L) de la cote Ouest-Cotentin (France) à partir des Statolithes. (2017).
21. Marine Stewardship Council. Pêcherie de bulot de la Baie de Granville. <https://www.msc.org/fr/nos-actions/notre-approche/les-pecheries-engagees/pecherie-bulot>.
22. Ethic Ocean. Bulot | Guide des espèces. <http://guidedesespeces.org/fr/bulot#:~:text=Gastéropode gris ambré%2C le bulot,digestif et le système reproducteur>. (2020).
23. Tully, O., Bell, M. & O'leary, A. The Lobster (*Homarus gammarus* L.) Fishery: Analysis of the resource in 2004-2005. *Fish. Ressour. Ser.* **6**, (2006).

24. Vogan, C. L., Costa-Ramos, C. & Rowley, A. F. Shell disease syndrome in the edible crab, *Cancer pagurus* - Isolation, characterization and pathogenicity of chitinolytic bacteria. *Microbiology* **148**, 743–754 (2002).
25. Forest, A. Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. (2001).
26. Sotelo, G., Morán, P. & Posada, D. Molecular Phylogeny and Biogeographic History of the European Maja Spider Crabs (Decapoda, Majidae). *Mol. Phylogenet. Evol.* **53**, 314–319 (2009).
27. Lapointe, V. & Sainte-Marie, B. Currents, predators, and the aggregation of the gastropod *Buccinum undatum* around bait on JSTOR. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **85**, 245–257 (1992).
28. Talidec, C. et al. Abondance de bulot (*Buccinum undatum*) observée lors des campagnes scientifiques sur la période 2005 – 2010. (2012).
29. Ifremer. Biologie du Bulot.
30. GOWANLOCH, J. N. Contribution to the Study of Marine Gastropods : II. The Intertidal Life of *Buccinum undatum*, a Study in Non-adaptation. *Contrib. to Can. Biol. Fish.* **3**, 167–177 (1926).
31. Jónsson, Z. O. et al. The mitochondrial genome of common whelk *Buccinum undatum* (Neogastropoda: Buccinidae). *Mitochondrial DNA Part B* **4**, 457–459 (2019).
32. Nasution, S. Intra-capsular Development in Marine Gastropod *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). *J. Natur Indones.* **5**, 124–128 (2003).
33. Rawlincs, T. A. Adaptations to physical stresses in the intertidal zone: The egg capsules of neogastropod molluscs. *Am. Zool.* **39**, 230–243 (1999).
34. Himmelman, J. H. Movement of whelks (*Buccinum undatum*) towards a baited trap. *Mar. Biol.* **97**, 521–531 (1988).
35. Emmerson, J. A., Hollyman, P. R., Bloor, I. S. M. & Jenkins, S. R. Effect of temperature on the growth of the commercially fished common whelk (*Buccinum undatum*, L.): A regional analysis within the Irish Sea. *Fish. Res.* **223**, 105437 (2020).

36. Hollyman, P., Leng, M., Chenery, S., Laptikhovsky, V. & Richardson, C. Statoliths of the whelk *Buccinum undatum*: a novel age determination tool. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **598**, 261–272 (2018).
37. Hollyman, P. R. *et al.* Age and growth rate estimations of the commercially fished gastropod *Buccinum undatum*. *ICES J. Mar. Sci.* **75**, 2129–2144 (2018).
38. Heude-Berthelin, C. *et al.* Growth and Reproduction of the Common Whelk *Buccinum undatum* in West Cotentin (Channel), France. *Aquat. Living Resour.* **24**, (2011).
39. Shelmerdine, R. L., Adamson, J., Laurenson, C. H. & Leslie (née Mouat), B. Size Variation of the Common Whelk, *Buccinum undatum*, Over Large and Small Spatial Scales: Potential Implications for Micro-management within the Fishery. *Fish. Res.* **86**, 201–206 (2007).
40. Leblanc, N., Harmel, B. & Foucher, E. Évaluation de l'Impact des Dragues à Coquille Saint-Jacques sur les Communautés Benthiques en Baie de Seine. (2011).
41. Nielsen, C. Observations on *Buccinum undatum* L. Attacking bivalves and on prey responses, with a short review on attack methods of other prosobranchs. *Ophelia* **13**, 87–108 (1974).
42. Nasution, S. & Roberts, D. Laboratory trials on the effects of different diets on growth and survival of the common whelk, *Buccinum undatum* L. 1758, as a candidate species for aquaculture. *Aquac. Int.* **12**, 509–521 (2004).
43. Evans, P. L., Kaiser, M. J. & Hughes, R. N. Behaviour and energetics of whelks, *Buccinum undatum* (L.), feeding on animals killed by beam trawling. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **197**, 51–62 (1996).
44. Rochette, R., Tétreault, F. & Himmelman, J. H. Aggregation of Whelks, *Buccinum undatum*, near Feeding Predators: the Role of Reproductive Requirements. *Anim. Behav.* **61**, 31–41 (2001).
45. Himmelman, J. H. & Hamel, J. R. Diet, Behaviour and Reproduction of the Whelk *Buccinum undatum* in the Northern Gulf of St. Lawrence, Eastern Canada. *Mar. Biol. Int. J. Life Ocean. Coast. Waters* **116**, 423–430 (1993).
46. Ramsay, K. & Kaiser, M. J. Demersal fishing disturbance increases predation risk for whelks (*Buccinum undatum* L.). *J. Sea Res.* **39**, 299–304 (1998).

47. Thomas, M. L. H. & Himmelman, J. H. Influence of predation on shell morphology of *Buccinum undatum* L. on Atlantic coast of Canada. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **115**, 221–236 (1988).
48. Kideys, A. E. & Hartnoll, R. G. Energetics of mucus production in the common whelk *Buccinum undatum* L. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **150**, 91–105 (1991).
49. Rochette, R., Mcneil, J. N. & Himmelman, J. H. Inter-and intra-population variations in the response of the whelk *Buccinum undatum* to the predatory asteroid *Leptasterias polaris*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **142**, 193–201 (1996).
50. Rochette, R., Morissette, S. & Himmelman, J. H. A flexible response to a major predator provides the whelk *Buccinum undatum* L. with nutritional gains. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **185**, 167–180 (1995).
51. Mensink, B. P. *et al.* Shell damage and mortality in the common whelk *Buccinum undatum* caused by beam trawl fishery. *J. Sea Res.* **43**, 53–64 (2000).
52. Hegron, L. *et al.* *BESTCLIM*. (2017).
53. Grangere, K. & Kellner, K. *BULOCLIM*. (2012).
54. Kideys, A. E., Nash, R. D. M. & Hartnoll, R. G. Reproductive cycle and energetic cost of reproduction of the neogastropod *Buccinum undatum* in the Irish sea. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **73**, 391–403 (1993).
55. Brokordt, K. B., Guderley, H. E., Guay, M., Gaymer, C. F. & Himmelman, J. H. Sex Differences in Reproductive Investment: Maternal Care Reduces Escape Response Capacity in the Whelk *Buccinum undatum*. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **291**, 161–180 (2003).
56. Martel, A., Larrivée, D. H., Klein, K. R. & Himmelman, J. H. Reproductive Cycle and Seasonal Feeding Activity of the Neogastropod *Buccinum undatum*. *Mar. Biol. Int. J. Life Ocean. Coast. Waters* **92**, 211–221 (1986).
57. Martel, A., Larrivée, D. H. & Himmelman, J. H. Behaviour and timing of copulation and egg-laying in the neogastropod *Buccinum undatum* L. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **96**, 27–42 (1986).
58. Smith, K. E. & Thatje, S. Nurse Egg Consumption and Intracapsular Development in the Common Whelk *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). *Helgol. Mar. Res.* **67**, 109–120 (2013).

59. Valentinsson, D. Reproductive Cycle and Maternal Effects on Offspring Size and Number in the Neogastropod *Buccinum undatum* (L.). *Mar. Biol.* **140**, 1139–1147 (2002).
60. Ten Hallers-Tjabbes, C. C. *et al.* Imposex and organotin concentrations in *Buccinum undatum* and *Neptunea antiqua* from the North Sea: Relationship to shipping density and hydrographical conditions. *Mar. Environ. Res.* **55**, 203–233 (2003).
61. Nicholson, G. J. & Evans, S. M. Anthropogenic impacts on the stocks of the common whelk *Buccinum undatum* (L.). *Mar. Environ. Res.* **44**, 305–314 (1997).
62. Tester, M. & Ellis, D. TBT controls and the recovery of whelks from imposex. *Oceanogr. Litt. Rev.* (1995).
63. Strand, J. & Jacobsen, J. Imposex in two sublittoral neogastropods from the Kattegat and Skagerrak: the common whelk *Buccinum undatum* and the red whelk *Neptunea antiqua*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **244**, 171–177 (2002).
64. Mensink, B. P. Imposex in the common whelk, *Buccinum undatum*. (Agricultural University, 1999).
65. Fioroni, P., Stroben, E. & Oehlmann, J. Fréquence et degré d'expression du pseudohermaphrodisme chez quelques Prosobranches Sténoglosses de la Baie de Morlaix et de la Manche 1. Situation au printemps de 1988. *Cah. Biol. Mar* vol. 32 (1991).
66. Valentinsson, D., Sjödin, F., Jonsson, P. R., Nilsson, P. & Wheatley, C. Appraisal of the Potential for a Future Fishery on Whelks (*Buccinum undatum*) in Swedish waters: CPUE and Biological Aspects. *Fish. Res.* **42**, 215–227 (1999).
67. Mensink, B. P. *et al.* Imposex induction in laboratory reared juvenile *Buccinum undatum* by tributyltin (TBT). *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **11**, 49–65 (2002).
68. Evans, S. M. & Nicholson, G. J. The Use of Imposex to Assess Tributyltin Contamination in Coastal Waters and Open Seas. *Sci. Total Environ.* **258**, 73–80 (2000).
69. Ifremer. *Exploitation du bulot*. (2010).
70. DFO/MPO. 2018 Volume de la pêche commerciale de la côte Atlantique. (2019).
71. Fahy, E. Conflict between two inshore fisheries: for whelk (*Buccinum undatum*) and brown crab (*Cancer pagurus*), in the southwest Irish Sea. in *Coastal Shellfish — A Sustainable Resource* 73–83 (Springer Netherlands, 2001). doi:10.1007/978-94-010-0434-3_8.

72. Pálsson, S., Magnúsdóttir, H., Reynisdóttir, S., Jónsson, Z. O. & Örnólfssdóttir, E. B. Divergence and molecular variation in common whelk *Buccinum undatum* (Gastropoda: Buccinidae) in Iceland: a trans-Atlantic comparison. *Biol. J. Linn. Soc.* **111**, 145–159 (2014).
73. Ashfaq, U., Mugridge, A. & Hatcher, B. G. Size at sexual maturity of waved whelk (*Buccinum undatum*) on the Eastern Scotian Shelf. *Fish. Res.* **212**, 12–20 (2019).
74. Morel, G. M. & Bossy, S. F. Assessment of the Whelk (*Buccinum undatum* L.) Population around the Island of Jersey, Channel Isles. *Fish. Res.* **68**, 283–291 (2004).
75. Sainte-Marie, B. Whelk (*Buccinum undatum*) movement and its implications for the use of tag-recapture methods for the determination of baited trap fishing parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **48**, 751–756 (1991).
76. Emmerson, J. A., Haig, J. A., Bloor, I. S. M. & Kaiser, M. J. The complexities and challenges of conserving common whelk (*Buccinum undatum* L.) fishery resources: Spatio-temporal study of variable population demographics within an environmental context. *Fish. Res.* **204**, 125–136 (2018).
77. McIntyre, R., Lawler, A. & Masefield, R. Size of maturity of the common whelk, *Buccinum undatum*: Is the minimum landing size in England too low? *Fish. Res.* **162**, 53–57 (2015).
78. Shrivess, J. P., Pickup, S. E. & Morel, G. M. Whelk (*Buccinum undatum* L.) Stocks Around the Island of Jersey, Channel Islands: Reassessment and Implications for Sustainable Management. *Fish. Res.* **167**, 236–242 (2015).
79. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°118/2020 rendant obligatoire la délibération n°2020/BUL-BC-9 du 22 juin 2020 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie relative à l'attribution et à l'exploitation de la licence bulot Seine-Maritime. 10 (2020).
80. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°133-2017 du 22 décembre 2017 Délibération CRPMEM Normandie licence bulots Manche-Ouest ABROG 118-2014 146-2015 ET 136-2016 - data.gouv.fr. (2017).
81. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Hauts-de-France. Arrêté n°224/2020 rendant obligatoire la délibération n °38/2020 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins des Hauts-de-France relative à l'attribution d'une licence pour la pêche embarquée du bulot pour la campagne 2021. 12 (2020).

82. Government of Jersey. Licence Conditions Applicable to '10 metre and under' Jersey fishing Boat Licence. 9.
83. Welsh Government. Introducing an authorisation scheme and an associated flexible landing cap for UK vessels taking whelk (*Buccinum undatum*) with pots in the Welsh zone. (2020).

Synthèse bibliographique :

Homarus gammarus

Fanchon Varenne, Anaïs Roussel

Table des matières

Biologie	161
Identification taxonomique et morphologique	161
Répartition	163
Habitat	163
Préférences environnementales	164
Ecologie trophique	164
Croissance.....	164
Cycle de vie	165
La pêche	170
Contexte de l'exploitation du homard européen	170
Identification des stocks.....	171
Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants	171
Pêche récréative du homard en France	174
Bibliographie	175

Biologie

Identification taxonomique et morphologique

Le homard européen est un crustacé décapode (Table 1). Il est réparti en Atlantique Nord-Est, tandis que l'espèce très proche *Homarus americanus*, le homard américain, est distribué en Atlantique Nord-Ouest.

Table 1 – Taxonomie du homard européen *Homarus gammarus* ¹

Domaine	Règne	Embranchement	Sous-embranchement	Super classe	Classe	Sous-classe	Super ordre
Biota	Animalia	Arthropoda	Crustacea	Multicrustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucaridacea
Ordre	Sous-ordre	Infra-ordre	Super famille	Famille	Genre	Espèce	
Decapoda	Pleocyemata	Astacidea	Nephropoidea	Nephropidae	<i>Homarus</i>	<i>Homarus gammarus</i>	

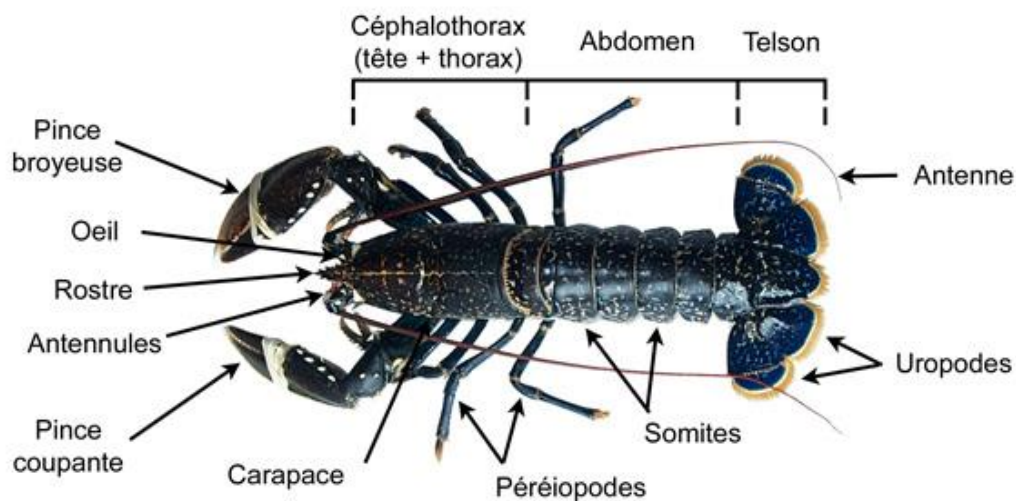


Figure 1 – Morphologie du homard européen *Homarus gammarus* ²

Le corps de ce crustacé est formé de 3 parties (Figure 1) :

Le céphalothorax composé de la tête et du thorax. Il porte les yeux, les antennes ainsi que les pinces et les péréiopodes (ou pattes). Les 5 paires de pattes ont des rôles bien distincts. La première paire est de taille beaucoup plus importante, surtout chez les mâles adultes ^{3,4}. Ces deux pattes se terminent par deux grosses pinces, l'une broyeuse et l'autre coupante, placées indifféremment à gauche ou à droite. Elles servent au homard à s'alimenter et à se défendre ^{5,6}. Lorsqu'une de ces pattes est amputée, une deuxième se régénère au fur et à mesure des mues ⁷⁻¹⁰. Les 4 autres paires de pattes sont des pattes marcheuses. Les paires de pattes n°2 & 3 possèdent également de petites pinces à leur extrémité, leur permettant d'aider à l'alimentation ^{4,11}.

La queue du homard est constituée de 6 segments abdominaux, du telson et de 4 uropodes. Les segments abdominaux portent en face ventrale des pléopodes. Ces derniers assistent les pattes marcheuses grâce à des mouvements d'eau ¹². Chez les mâles, les pléopodes sont fins. Les pléopodes du premier segment abdominal sont durs et plus longs que chez la femelle. Chez cette dernière, les segments abdominaux sont élargis en face ventrale pour lui permettre de porter les œufs ³⁻⁵. Les pléopodes sont plus larges, et les œufs y adhèrent lorsqu'ils sont pondus. La fixation des œufs est parfois difficile, en particulier pour les femelles dont c'est la première ponte ¹³.

Le telson et les uropodes jouent un rôle dans la nage lorsque la queue du homard se contracte. Ils peuvent également être marqués (v-notching) dans le cadre de mesures de gestion et de conservation des femelles grainées ¹⁴⁻¹⁶.

Les juvéniles ont le corps bleu clair avec des marques blanches et les appendices blancs ⁴. Chez l'adulte, la couleur générale du corps est bleu foncé et marbré, les extrémités des pattes sont blanchâtres, les flagelles des antennes et des antennes sont orange ¹⁷. Les pigments de la carapace de l'animal (crustacyanine, caroténoprotéines, astaxanthine) réagissent à la chaleur et deviennent rouges ¹⁸⁻²⁰.

Répartition

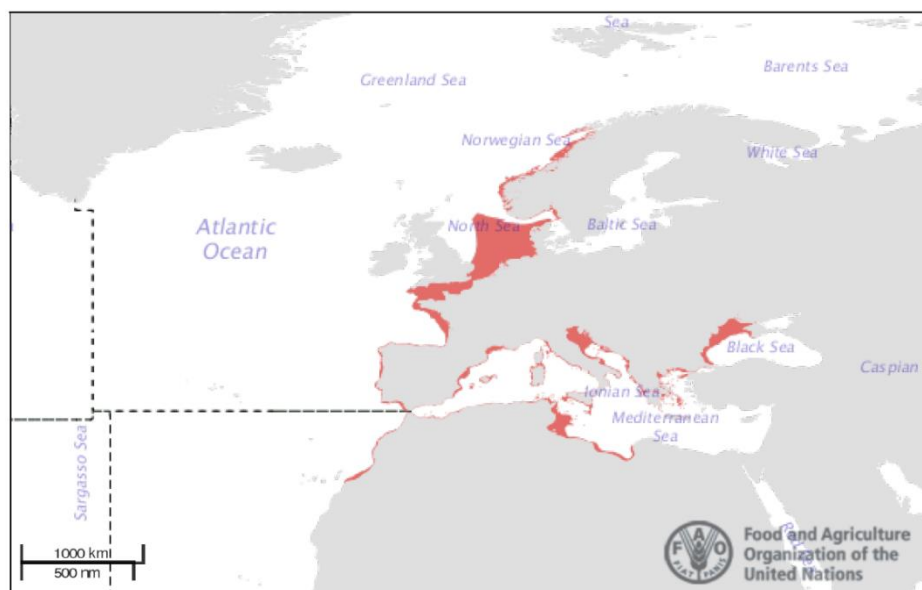


Figure 2 – Aire de répartition du homard européen *Homarus gammarus* ²¹

Le homard européen est distribué du Nord-Ouest de la Norvège au sud des Açores mais aussi sur la côte ouest du Maroc au Nord de la mer noire et en Méditerranée (sauf vers l'extrême Est et la Crète) ²¹⁻²³ (Figure 2).

Habitat

Ce crustacé est généralement présent en zone côtière au-dessus de 50 mètres de profondeur, et occasionnellement jusqu'à 200 m de profondeur ²¹.

Il vit caché dans des crevasses ou dans des zones rocheuses, ou encore les champs de laminaires ou les herbiers de zostère ^{22,24-27}. Ces habitats les protègent des prédateurs et réduit leur mortalité ²⁸. Sa répartition est de type agrégative, puisque conditionnée par la présence d'amas rocheux ou d'abris ^{21,29}.

Les juvéniles et les adultes occupent les mêmes habitats, cependant les juvéniles y vivent cachés pendant au moins les deux premières années de leur vie ³⁰. On peut parfois trouver des juvéniles sur des fonds sableux ou vaseux s'ils sont parsemés de roches ou de supports leur permettant de creuser un abri ²². C'est un animal territorial ²⁸, et les individus les plus gros et les plus vieux sont généralement en dehors des zones de forte densité ³¹. Les mouvements des homards restent relativement limités au cours de leur cycle de vie, que ce soit pour les mâles ou les femelles. Il parcourent souvent moins de 4 kilomètres ^{11,32-34}.

Préférences environnementales

Le paramètre le plus important conditionnant la répartition du homard européen est la température. En effet, il est sensible aux variations de température et cherche refuge en profondeur en hiver, puis se déplace vers les côtes au printemps ³⁵. Son préférendum thermique est réduit, entre 2 et 18°C ^{25,36}. De plus, plus la température est élevée, plus l'animal consomme d'oxygène ³⁶.

Les homards sont des animaux osmoconformes, qui présentent une forte propension à tolérer les variations de salinité dans leur milieu : les adultes peuvent tolérer des salinités allant jusqu'à 10 ‰. Les larves peuvent également survivre à des salinités parfois inférieures à 17 ‰ ³⁷. Cependant, les variations de salinité ne sont pas aussi importantes dans son milieu naturel, et il est courant d'observer des mortalités passées 30 ‰ ³⁶.

Ecologie trophique

Ce crustacé est omnivore, le homard se nourrit de coquillages, de vers, d'échinodermes, d'autres crustacés, de poissons et occasionnellement d'algues ^{23,38}. Son activité est généralement nocturne et ses déplacements très localisés sont surtout liés à la recherche de nourriture ^{31,35,39,40}. Les homards peuvent passer plusieurs mois sans manger ³⁵. Les adultes peuvent être cannibales et se nourrir de juvéniles ⁴¹. Il est lui-même la proie du poulpe, et de l'homme ²⁷, et est consommé par les poissons au stade larvaire ⁴².

Croissance

Comme tous les crustacés décapodes, le homard grandit par des mues successives ^{43,44}. Sa croissance est définie par une fréquence de mue, et par l'accroissement en taille moyen à chaque mue, ou incrément de croissance moyen. Ce dernier peut être estimé avec une bonne fiabilité sur la base d'expériences de marquages – recaptures ⁴⁵⁻⁴⁹. L'estimation de la

fréquence de mue est en revanche entachée d'une forte incertitude en raison des pertes de marques ^{50,51} (type spaghetti) à la mue et des variations de capturabilité ^{52,53}. D'autres méthodes existent pour estimer l'âge ou la fréquence de mue, mais sont très peu utilisés encore ^{54–56}.

Selon la zone d'étude ou même entre individus d'une même population, les paramètres de croissance peuvent être très variables ^{31,55} : les homards dont le céphalothorax mesure 8,7 cm peuvent correspondre à un individu de 3 à 4 ans ³¹ ou de 7 ans ⁴¹. La croissance est fortement conditionnée par les conditions de température : la fréquence de mue et l'incrément de croissance moyen est plus faible chez les populations de homard plus au Nord ^{57,58}. Cependant, on considère globalement que les homards adultes muent une fois par an ²³. Les homards vivent en général une trentaine d'années ⁵⁵.

La taille à première maturité du homard est, selon les méthodes d'estimation, comprise entre 79 et 105 mm ^{59–62}.

Cycle de vie

Le homard européen, dont le cycle de vie est schématisé en figure 3, est une espèce gonochorique ovipare. C'est à dire qu'il y a séparation complète des sexes, et que la femelle porte les œufs (on dit qu'elle est ovigère ou grainée) ^{4,21,31,63}.

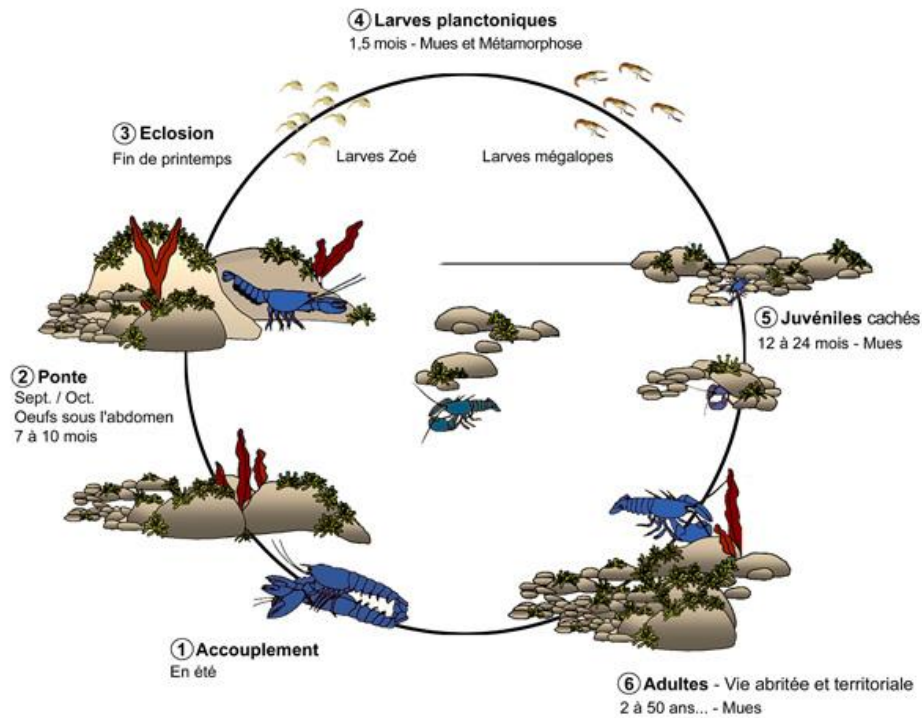


Figure 3 – Cycle de vie du homard européen *Homarus gammarus* ²

La reproduction des homards débute au printemps, lorsque les températures augmentent. L'accouplement du homard européen intervient juste après la mue de la femelle, alors qu'elle est encore molle ²⁹. Le sperme, stocké dans une spermathèque, peut féconder les pontes d'au moins deux années successives ^{3,64–67}.

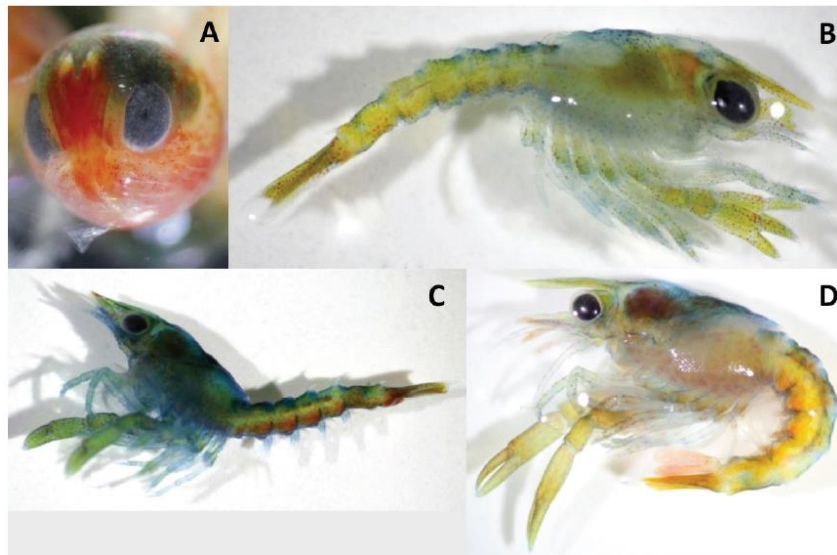
La ponte est généralement étalée entre juin et août mais peut aller jusqu'à décembre ³¹. La fécondité est variable selon la taille des individus et les secteurs fréquentés. La femelle pond entre 5 000 et 50 000 œufs selon sa taille ⁶⁸. Par exemple, une femelle de longueur orbitaire de 144 mm pond autour de 27 000 œufs en mer d'Irlande ⁶¹.

Les œufs sont incubés sous l'abdomen de la femelle pendant 7 à 10 mois selon la température ²¹. Les éclosions sont étalées sur plusieurs mois avec un maximum au printemps ⁶⁹. La libération des larves s'effectue de nuit et il faut deux à trois semaines à la femelle pour libérer toute sa progéniture ⁷⁰.

On estime qu'un tiers des œufs est perdu durant l'incubation que seulement un tiers des éclosions donnera des larves viables ⁴.

A l'éclosion les larves sont planctoniques pendant 2 à 4 semaines ^{23,71}. L'étendue de cette période dépend entre autres de la température et leurs déplacements sont fonction des courants ^{72,73}. C'est au cours de leur vie pélagique que les larves de homard présentent la plus grande vulnérabilité. Le taux de survie larvaire est très variable selon les études, et très difficile à estimer ^{26,74}. En effet, les larves sont fortement prédatées par les poissons pendant leur stade pélagique, et peuvent également être emportées par les courants dans des milieux non favorables à leur développement ⁴². Les estimations de survie larvaire en milieu contrôlé sont donc très supérieures à la réalité en milieu naturel.

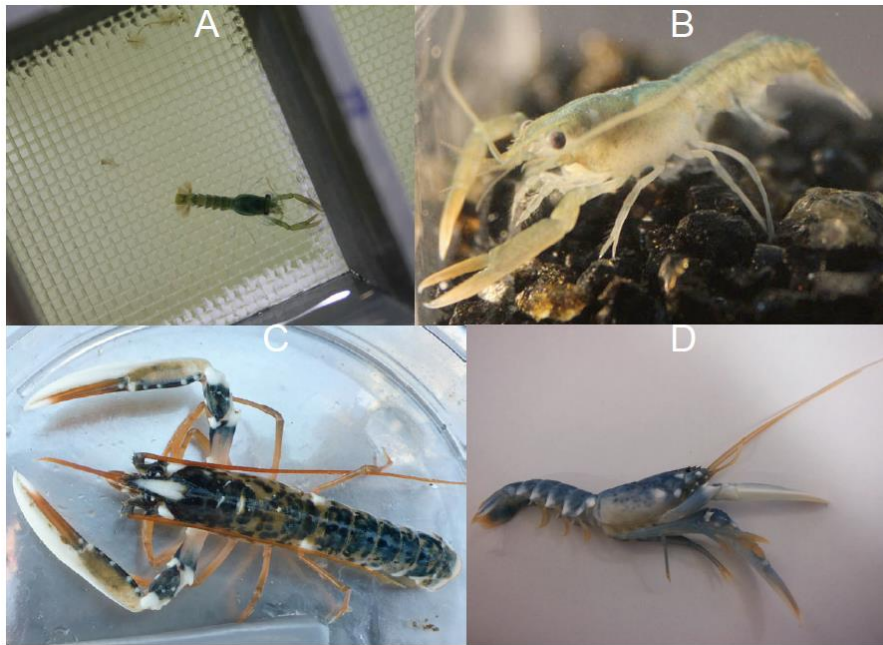
Durant leur vie pélagique, les larves passent par 3 stades pélagiques zoeae (Figure 4), puis



au stade IV, premier stade juvénile ⁷¹.

Figure 4 : A. Œuf embryonné proche de l'éclosion. B. Larve au stade I. C. Larve au stade II. D. Larve au stade III. *Homarus gammarus*, 2012, Biguglia, Corse. Photo © Géry Boulanger - Stella Mare UCPP - CNRS.

Au stade V, les juvéniles (post-larves, Figure 5) mesurent entre 6 et 7 mm. Ils s'établissent sur le fond avant de prendre la forme et le comportement d'un petit homard ⁷⁵. Du fait de la difficulté de les observer en milieu naturel, il n'existe que très peu d'études sur les petits



juvéniles de homard ²³.

Figure 5 - A & B. Post-larve au stade IV. C & D. Juvénile de 8-9 mois en élevage. *Homarus gammarus*, 2013, Biguglia, Corse. Photo © Géry Boulanger & Jean-José Filippi - Stella Mare UCPP - CNRS.

Les juvéniles restent entre 2 et 4 ans protégés dans leur habitat (crevasses, herbiers de zostère ou champs de laminaire). Lorsqu'il atteint 40 à 60 mm, son comportement évolue et le homard s'aventure peu à peu hors de son habitat de protection ^{30,41}. Le homard juvénile atteint sa maturité au bout de 5 à 8 ans selon les zones ²³.

La mortalité naturelle est très difficile à évaluer, mais est probablement faible après le recrutement des juvéniles, et au-delà d'une certaine taille ³¹. Pour les adultes, son estimation varie. La valeur de référence pour ce paramètre dans les évaluations de stock Européennes est 0.2 en France. Cependant, la principale cause de mortalité des homards adultes est la pêche ⁴⁹.

En résumé :

- Phase larvaire (plusieurs stades planctoniques) :
2 à 4 semaines
- Métamorphose en post larve
- Etablissement de la post larve sur le fond
- Mues successives pendant la phase juvénile : 2 à
4 ans
- Migration vers des abris adaptés, acquisition de la
maturité sexuelle (5 à 8 ans)
- Reproduction lors de la mue, incubation des œufs
pendant 7 à 10 mois

La pêche

Contexte de l'exploitation du homard européen

En Europe, les principaux pays producteurs de homard sont le Royaume-Uni, la France et l'Irlande. Le homard est pêché principalement au casier (66% des débarquements), au filet et à la drague. On retrouve cette espèce également dans les captures accessoires des chalutiers (0.04% des débarquements). Le homard est pêché surtout pendant les mois de printemps, le mois où les débarquements sont les plus importants sont les mois de juin et juillet. En 2018, 283 tonnes de homard sont passées en halle à marée, pour un prix moyen est 21.32€/kg. Les ports de débarquements les plus importants en France sont les ports de Brest, Granville et Saint Quay ⁴⁵, même si c'est une espèce fortement convoitée dans la majorité des régions en France et en Europe. Au niveau des consommateurs, le homard européen est concurrencé par le homard américain, moins onéreux. Cependant, le homard européen reste plus demandé que le homard américain. Dans le monde, chaque année sont débarquées entre 4000 et 5000 tonnes depuis 2008 (Figure 6).

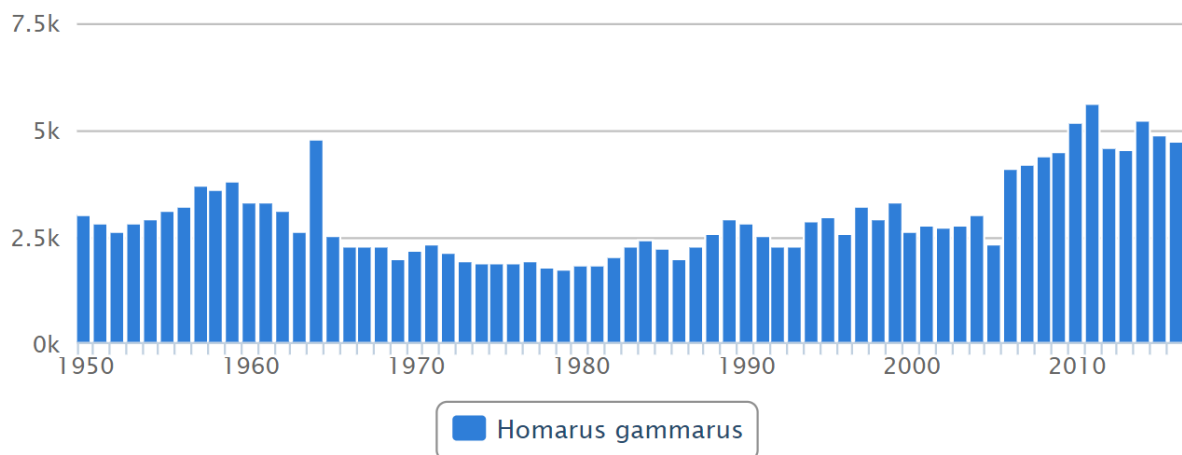


Figure 6 – Débarquements de homard européen (*Homarus gammarus*) dans le monde entre 1990 et 2016 ⁷⁶

Identification des stocks

Il n'existe que peu de différences morphologiques entre les populations de homard parfois éloignées de plusieurs centaines de kilomètres ⁷⁷. La taille moyenne de capture & la structure de taille des populations varie entre régions, pouvant témoigner de la présence d'une multitude de petites populations ^{31,78}. Bien qu'il n'y ait pas de variations morphologiques, il y a de fortes divergences génétiques entre des populations de homard géographiquement proches. Ces différences sont dues à la sédentarité du homard ⁷⁹.

Pour le CIEM et le WGCRAb, le seul stock de homard évalué en France est le stock de la zone VIIe, soit le littoral Manche-Ouest. Cependant, les stocks qui sont évalués correspondent aux unités de gestion, mais ne correspondent pas forcément aux unités fonctionnelles biologiques. Au Royaume-Uni, 6 stocks sont considérés et régulièrement évalués. La moitié d'entre eux semble surexploitée, et un stock ne peut pas être évalué faute de données suffisantes. Les indicateurs de l'état des autres stocks du Royaume-Uni correspondent aux objectifs de gestion au RMD ⁸⁰.

Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants

En France, les stocks de homard et de gros crustacés en général sont gérés à l'échelle régionale. Cette gestion permet de prendre en compte les spécificités de la pêche régionale. Cependant, elle est parfois tributaire de diagnostics locaux qui, soit ne prennent pas en compte la totalité de la zone, soit n'ont jamais encore été menés (comme dans les Hauts-de-France). Au Royaume-Uni et en Irlande, la pêche du homard est fortement réglementée et suivie. Le WGCRAb du CIEM conclut d'une bonne exploitation du stock VIIe français évalué, sans pour autant en calculer les indicateurs ou le comparer au RMD.

Table 2 – Principales mesures de gestion du homard européen *Homarus gammarus* dans les principales régions exploitantes

Attention, ce tableau est établi pour la situation en 2020, et n'a qu'un but informatif. Merci de vous référer aux arrêtés les plus récents, disponibles auprès des comités régionaux des pêches de votre région pour la réglementation en vigueur

	France			Angleterre & Pays de Galle	Irlande	Jersey
	Bretagne	Normandie	Hauts-de-France			
Zone CIEM	VIIe	VIIId-e	IVc & VIIId	VIIa,d-f & IVc	VIIa	VIIe
Dernière évaluation disponible	2016 ⁸¹			2016 ⁸¹	2016 ⁸¹	2018 ⁸²
Derniers débarquements disponibles	550 tonnes (2015) ⁸¹			1885 tonnes (2015) ⁸¹	371.8 tonnes (2015) ⁸¹	200 tonnes (2018) ⁸²
Licences	781 (dont 428 'Canot') ^{83,84}	112 en Manche Ouest 80 en Manche Est ^{85,86}	200 pêche accessoire 11 pêche ciblée ⁸⁷	OUI : licence de pêche pas spécifique du métier ⁸⁸		OUI et contingentées ⁸⁹
Ayant valeur d'AEP	220 + 150 ^{83,84}	OUI ^{85,86}	OUI ⁸⁷			
Limite de puissance ou taille de bateau	<12m, <13.5 m aux Glénans ^{83,84}	NON ⁸⁵⁻⁸⁷		OUI selon les régions ⁸⁰	NON ⁸¹	En fonction des zones ⁸¹
Saison et jours de fermeture	Fermetures saisonnières dans certaines zones ^{83,84}	Fermeture du 01/09 au 15/10 pour la zone de la Baie de Granville ⁸⁶	Fermé le dimanche ou les jours fériés ⁸⁷	NON ⁸¹	NON ⁸¹	Fermeture du 01/09 au 15/10 ⁹⁰
Zones de pêche	11 zones de cantonnement ^{83,84}	5 zones de cantonnement en Manche OUEST ⁸⁶				

Homarus gammarus – Projet MECANOR²

Nombre de casier	250 – 300 / homme ou 1000 - 1200 par navire ^{83,84}	Contingentés en Manche OUEST/ Manche EST ^{91,92}	150 par homme en pêche ciblée 75 par homme en pêche accessoire ⁸⁷	NON ⁸⁰		1500 par bateau ⁹³
Casiers pièges	Autorisés en Ile et Vilaine Expérimentation de casiers à entrées latérales ^{83,84}	Autorisés en partie, dans la limite de 50% du total des casiers ^{85,86,91,92}	Autorisés ⁸⁷	Interdits ⁸¹		Autorisés selon certaines caractéristiques et dans certaines zones ⁸⁹
Marques pour casier	OUI ⁸³⁻⁸⁷			OUI ⁸¹	NON ⁸¹	OUI ⁸¹
Taille limite de capture	87 mm ⁹⁴		90 mm ⁹⁴	Entre 87 et 90 mm selon les zones ^{80,81}	87 mm– 127 mm ⁸¹	87 mm ⁸⁹
Limite de débarquement par jour	10 % du volume total pour les engins trainants (capture accessoire) ^{83,84}	10 % du volume total pour les engins trainants (capture accessoire) ^{85,86}	Pêche ciblée : 20 à 30 kg selon les saisons Pêche accessoire : 10 à 15 kg selon les saisons ⁸⁷			
Débarquement des femelles grâinées			Interdit du 15 juin au 15 septembre ⁸⁷			
Débarquement des pinces	Interdit ^{83,84}		Interdit ⁸⁷	Interdit ⁸⁰	Interdit ⁸¹	Interdit ⁸¹
Débarquement des femelles V-notchées					Interdit ⁸¹	

Pêche récréative du homard en France

La pêche récréative du homard est très pratiquée en Europe ⁹⁵. Par embarcation, seuls 2 casiers sont autorisés. Les casiers parloirs ne sont pas autorisés pour la pêche de loisir. Les homards doivent mesurer au minimum 87 mm, et 90 mm dans les Hauts-de-France ⁹⁶.

Bibliographie

1. Türkay, M. WoRMS - World Register of Marine Species - Homarus gammarus (Linnaeus, 1758).
2. Normandie Fraicheur Mer. La Pêche en Normandie.
3. Ishida, T., Talbot, P. & Kooda-Cisco, M. Technique for the long-term storage of lobster (Homarus) spermatophores. *Gamete Res.* **14**, 183–195 (1986).
4. Pere, A. & Noël, P. Le homard européen Homarus gammarus (Linnaeus, 1758). (2017).
5. National Lobster Hatchery. European Lobster Biology | Biology of the Homarus gammarus.
6. Govind, C. K. Asymmetry in Lobster Claws. *Am. Sci.* **77**, 468–474 (1989).
7. Kent, K. S., Pearce, J., Gee, C. & Govind, C. K. Regenerative fidelity in the paired claw closer muscles of lobsters. *Can. J. Zool.* **67**, 1573–1577 (1989).
8. Emmel, V. E. Regeneration and the Question of Symmetry in the Big Claws of the Lobster. *Science (80-.)*. **26**, 83–87 (1907).
9. Reed, M. A. The regeneration of the first leg of the crayfish. *Arch. für Entwicklungsmechanik der Org.* **18**, 307–316 (1904).
10. Emmel, V. E. A study of the differentiation of tissues in the regenerating crustacean limb. *Am. J. Anat.* **10**, 109–158 (1910).
11. Meeren, G. I. van der. The potential of ecological studies to improve on the survival of cultivated and released aquatic organisms: insights from functional morphology and behaviour studies of the European lobster Homarus gammarus. (University of Bergen, 2003).
12. Lim, J. L. & DeMont, M. E. Kinematics, hydrodynamics and force production of pleopods suggest jet-assisted walking in the american lobster (homarus americanus). *J. Exp. Biol.* **212**, 2731–2745 (2009).

13. Talbot, P., Thaler, C. & Wilson, P. Spawning, egg attachment and egg retention in captive lobsters (*Homarus americanus*). *Aquaculture* **37**, 239–249 (1984).
14. Getchell, R. G. Effects of V-Notching on the Lobster, *Homarus americanus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **44**, 2033–2037 (1987).
15. Tully, O. Impact of the v-notch technical conservation measure on reproductive potential in a lobster (*Homarus gammarus* L.) fishery in Ireland. in *Marine and Freshwater Research* vol. 52 1551–1557 (CSIRO PUBLISHING, 2001).
16. Daniel, , Peter C., Bayer, , Robert C. & Waltz, C. Egg Production of V-notched American Lobsters (*Homarus Americanus*) Along Coastal Maine. *J. Crustac. Biol.* **9**, 77–82 (1989).
17. Alvarez, Z. R. CRUSTÁCEOS DECÁPODOS IBÉRICOS. (1968).
18. Ceccaldi, H. J. & Allemand, H. Caroténoprotéides. I-Spectres d'absorption dans le visible des caroténoprotéides du homard *Homarus gammarus*. *Tra. Mar. End. Bull.* **32**, 59–64 (1964).
19. Clarke, J. B., Eliopoulos, E. E., Findlay, J. B. C. & Zagalsky, P. F. Alternative ligands as probes for the carotenoid-binding site of lobster carapace crustacyanin. *Biochem. J.* **265**, 919–921 (1990).
20. Mantiri, D. M. H., Nègre-Sadargues, G., Castillo, R. & Trilles, J. P. Evolution of carotenoid metabolic capabilities during the early development of the European lobster *Homarus gammarus* (Linné, 1758). *Comp. Biochem. Physiol. -- Part B Biochem.* **111**, 553–558 (1995).
21. Holthuis, L. B. FAO species catalogue: Marine lobsters of the world. *FAO Fish. Synopsis* . **13**, 151 (1991).
22. Cobb, J. S. & Phillips, B. F. The Biology and Management of Lobsters. The Biology and Management of Lobsters vol. 2 (Elsevier Inc., 2012).
23. Prodöhl, P. A., Jørstad, K. E., Triantafyllidis, A., Katsares, V. & Triantaphyllidis, C. European lobster-*Homarus gammarus*. in *Genetic impact of aquaculture activities on native populations* 91–98 (2007).
24. Galparsoro, I., Borja, Á., Bald, J., Liria, P. & Chust, G. Predicting suitable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*), on the Basque continental shelf (Bay of Biscay), using Ecological-Niche Factor Analysis. *Ecol. Modell.* **220**, 556–567 (2009).

25. Moland, E. *et al.* Activity patterns of wild European lobster *Homarus gammarus* in coastal marine reserves: implications for future reserve design. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **429**, 197–207 (2011).
26. Linnane, A., Mazzoni, D. & Mercer, J. P. A long-term mesocosm study on the settlement and survival of juvenile European lobster *Homarus gammarus* L. in four natural substrata. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* vol. 249 (2000).
27. Feldmann, R. M. & Schweitzer, C. E. Lobster (Decapoda) diversity and evolutionary patterns through time. *J. Crustac. Biol.* **34**, 820–847 (2014).
28. Ivan, S. Suivi de la Population de Homard et Espèces Associées d'Intérêt Halieutique dans l'Archipel de Chausey et Détermination du Rôle du Cantonement. (2016).
29. Forest, A. Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. (2001).
30. Mehrtens, F., Stolpmann, M., Buchholz, F., Hagen, W. & Saborowski, R. Locomotory activity and exploration behaviour of juvenile European lobsters (*Homarus gammarus*) in the laboratory. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* **38**, 105–116 (2005).
31. Latrouite, D., Booth, J. D. & Jamieson, G. S. Crabs and Lobsters. *Fish. Aquac.* **2**, (2002).
32. Quackenbush, L. S. Lobster Reproduction: A Review. *Crustaceana* vol. 67 82–94.
33. Agnalt, A. L. *et al.* Enhancing the European Lobster (*Homarus gammarus*) Stock at Kvitsøy Islands: Perspectives on Rebuilding Norwegian Stocks. in *Stock Enhancement and Sea Ranching* 413–426 (Blackwell Publishing Ltd, 2008). doi:10.1002/9780470751329.ch30.
34. Addison, J. T., Lovewell, S. R. J. & Bannister, R. C. A. Growth, Movement, Recapture Rate and Survival of Hatchery-Reared Lobsters (*Homarus Gammarus* (Linnaeus, 1758)) Released Into the Wild On the English East Coast in: *Crustaceana* Volume 67 Issue 2 (1994). *Crustaceana* **67**, 156–172 (1994).
35. Smith, I., Collins, K. & Jensen, A. Seasonal changes in the level and diel pattern of activity in the European lobster *Homarus gammarus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **186**, 255–264 (1999).
36. Chartois, H., Latrouite, D. & Le Carre, P. *Stockage et transport des crustacés vivants*. (1994).

37. Charmantier, G., Haond, C., Lignot, J. & Charmantier-Daures, M. Ecophysiological Adaptation to Salinity Throughout a Life Cycle : A review in Homarid Lobster. *J. Exp. Biol.* **204**, 967–977 (2001).
38. McLeese, D. W. Olfactory responses of lobsters (*Homarus Americanus*) to solutions from prey species and to seawater extracts and chemical fractions of fish muscle and effects of antennule ablation. *Mar. Behav. Physiol.* **2**, 237–249 (1973).
39. Smith, I., Jensen, A., Collins, K. & Matthey, E. Movement of wild European lobsters *Homarus gammarus* in natural habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **222**, 177–186 (2001).
40. Smith, I. P., Collins, K. J. & Jensen, A. C. Movement and activity patterns of the European lobster, *Homarus gammarus*, revealed by electromagnetic telemetry. *Mar. Biol.* **132**, 611–623 (1998).
41. SyMEL. Le juvénile de homard, *Homarus gammarus*. (2010).
42. Audouin, J. Aspects Techniques des Ecloséries de Homard : Production des Post-larves et des Juvéniles. in *Aquaculture extensive et repeuplement* 79–85 (1981).
43. Raviv, S., Parnes, S. & Sagi, A. Reproductive Biology of Crustaceans: Case Studies of Decapod Crustaceans. (2008).
44. Chang, Y. J., Sun, C. L., Chen, Y. & Yeh, S. Z. Modelling the growth of crustacean species. *Rev. Fish Biol. Fish.* **22**, 157–187 (2012).
45. FranceAgriMer. Données de vente déclarées en halles à marée en 2018. (2019).
46. Øresland, V. & Ulmestrand, M. European Lobster subpopulations from limited adult movements and larval retention. *ICES J. Mar. Sci.* **70**, 532–539 (2013).
47. Agnalt, A. L., Farestveit, E., Gundersen, K., Jørstad, K. E. & Kristiansen, T. S. Population characteristics of the world's northernmost stocks of European lobster (*Homarus gammarus*) in Tysfjord and Nordfolda, northern Norway. *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.* **43**, 47–57 (2009).
48. Skerritt, D. J. ABUNDANCE, INTERACTION AND MOVEMENT IN A EUROPEAN LOBSTER STOCK. (Newcastle University, 2014).
49. Schmalenbach, I., Mehrtens, F., Janke, M. & Buchholz, F. A mark-recapture study of hatchery-reared juvenile European lobsters, *Homarus gammarus*, released at the rocky island of Helgoland (German Bight, North Sea) from 2000 to 2009. *Fish. Res.* **108**, 22–30 (2011).

50. Moland, E., Olsen, E. M., Andvord, K., Knutsen, J. A. & Chr Stenseth, N. Home range of European lobster (*Homarus gammarus*) in a marine reserve: Implications for future reserve design. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **68**, 1197–1210 (2011).
51. González-Vicente, L., Díaz, D., Mallol, S. & Goñi, R. Tag loss in the lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) and implications for population assessment with capture-mark-recapture methods. *Fish. Res.* **129–130**, 1–7 (2012).
52. Tremblay, M. J., Smith, S. J., Robichaud, D. A. & Lawton, P. The catchability of large American lobsters (*Homarus americanus*) from diving and trapping studies off Grand Manan Island, Canadian Maritimes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **63**, 1925–1933 (2006).
53. Ziegler, P. E., Frusher, S. D. & Johnson, C. R. Space - Time variation in catchability of southern rock lobster *Jasus edwardsii* in Tasmania explained by environmental, physiological and density-dependent processes. *Fish. Res.* **61**, 107–123 (2003).
54. Foll, D. Le, Brichet, E., Reyss, J. L., Lalou, C. & Latrouite, D. Age Determination of the Spider Crab *Maja squinado* and the European Lobster *Homarus gammarus* by ²²⁸Th/ ²²⁸Ra Chronology: Possible Extension to Other Crustaceans. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **46**, 720–724 (1989).
55. Sheehy, M. R. J., Bannister, R. C. A., Wickins, J. F. & Shelton, P. M. J. New perspectives on the growth and longevity of the European lobster (*Homarus gammarus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**, 1904–1915 (1999).
56. Sheehy, M., Shelton, P., Wickins, J., Belchier, M. & Gaten, E. Ageing the European lobster *Homarus gammarus* by the lipofuscin in its eyestalk ganglia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **143**, 99–111 (1996).
57. Hewett, C. J. Growth and moulting in the common lobster (*homarus vulgaris* milne-edwards). *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **54**, 379–391 (1974).
58. Charmantier, G. & Mounet-Guillaume, R. Temperature-specific rates of embryonic development of the European lobster *Homarus gammarus* (L.). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **160**, 61–66 (1992).
59. Wood, J. M. New estimates and complications in the assessment of female functional maturity for the European lobster (*Homarus gammarus*) on the Yorkshire Coast (UK). *J. Fish.* **6**, (2018).

60. Laurans, M., Fifas, S., Demaneche, S., Brérette, S. & Debec, O. Modelling seasonal and annual variation in size at functional maturity in the European lobster (*Homarus gammarus*) from self-sampling data. in *ICES Journal of Marine Science* vol. 66 1892–1898 (2009).
61. Tully, O., Roantree, V. & Robinson, M. Maturity, fecundity and reproductive potential of the European lobster (*Homarus gammarus*) in Ireland. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **81**, 61–68 (2001).
62. Lizárraga-Cubedo, H. A., Tuck, I., Bailey, N., Pierce, G. J. & Kinnear, J. A. M. Comparisons of size at maturity and fecundity of two Scottish populations of the European lobster, *Homarus gammarus*. in *Fisheries Research* vol. 65 137–152 (Elsevier, 2003).
63. Debuse, V. J., Addison, J. T. & Reynolds, J. D. The effects of sex ratio on sexual competition in the European lobster. *Anim. Behav.* **58**, 973–981 (1999).
64. Waddy, S. L. & Aiken, D. E. Multiple Fertilization and Consecutive Spawning in Large American Lobsters, *Homarus americanus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**, 2291–2294 (1986).
65. Bauer, R. T. Phylogenetic Trends in Sperm Transfer and Storage Complexity in Decapod Crustaceans. *J. Crustac. Biol.* **6**, 313–325 (1986).
66. Subramoniam, T. Spermatophores and Sperm Transfer in Marine Crustaceans. *Adv. Mar. Biol.* **29**, 129–214 (1993).
67. Kooda-Cisco, M. J. & Talbot, P. A structural analysis of the freshly extruded spermatophore from the lobster, *Homarus americanus*. *J. Morphol.* **172**, 193–207 (1982).
68. Moland, E., Moland Olsen, E. & Stenseth, N. Maternal influences on offspring size variation and viability in wild European lobster *Homarus gammarus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **400**, 165–173 (2010).
69. Latrouite, D., Léglise, M. & Raguenés, G. Données sur la Reproduction et la Taille de Première Maturité du Homard *Homarus gammarus* d'Iroise et du Golfe de Gascogne. (1981).
70. Engelhard, G., Vignot, C., Leblong, E., Lesueur, M. & Guitton, J. Portail CHARM III - Interreg IV. © 2012. Atlas des pêcheries de Manche, Channel fisheries Atlas. (2012).
71. Schmalenbach, I. & Franke, H. D. Potential impact of climate warming on the recruitment of an economically and ecologically important species, the European lobster (*Homarus gammarus*) at Helgoland, North Sea. *Mar. Biol.* **157**, 1127–1135 (2010).

72. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations for a world without hunger Fisheries and Aquaculture Department Diagnostic Features Geographical Distribution FAO Fisheries and Aquaculture Department.
73. Templeman, W. The Influence of Temperature, Salinity, Light and Food Conditions on the Survival and Growth of the Larvae of the Lobster (*Homarus americanus*). *J. Biol. Board Canada* **2**, 485–497 (1936).
74. Scarratt, D. J. Abundance and Distribution of Lobster Larvae (*Homarus americanus*) in Northumberland Strait. *J. Fish. Res. Board Canada* **21**, 661–680 (1964).
75. Perez Benavente, G., Uglem, I., Browne, R. & Balsa, C. M. Culture of juvenile European lobster (*Homarus gammarus* L.) in submerged cages. *Aquac. Int.* **18**, 1177–1189 (2010).
76. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations for a world without hunger Fisheries and Aquaculture Department *Homarus gammarus* (Linnaeus, 1758) *Homarus gammarus*.
77. Debuse, V. J., Addison, J. T. & Reynolds, J. D. Morphometric variability in UK populations of the European lobster. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **81**, 469–474 (2001).
78. Addison, J. T. & Lovewell, S. R. J. Size composition and pot selectivity in the lobster (*Homarus gammarus* (L.)) and crab (*Cancer pagurus* L.) fisheries on the east coast of England. *ICES J. Mar. Sci.* **48**, 79–90 (1991).
79. Triantafyllidis, A. *et al.* Mitochondrial DNA variation in the European lobster (*Homarus gammarus*) throughout the range. *Mar. Biol.* **146**, 223–235 (2005).
80. The Shellfish Team. CEFAS Stock Status Report 2017 - Lobster (*Homarus gammarus*). (2017).
81. ICES. Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB). (2016).
82. Government of Jersey. *Marine Ressource Annual Report*. (2018).
83. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne. 2020-004 007 Délibération 'Crustacés-CRPM-B' du 13 mai 2020 fixant le contingent et les conditions particulières d'exercice de la pêche aux crustacés à l'exception des langoustines, des pouces-pieds et des crevettes grises dans les eaux relevant de la ci. (2020).

84. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne. 2020-002 Délibération 'Crustacés-CRPM-A' du 08 avril 2020 fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche pour les navires pêchant les crustacés à l'exception des langoustines, des pouces-pieds et des crevettes grises dans les eaux sous souvera. (2020).
85. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°175/2019 rendant obligatoire la délibération n°2019/29 CRUME19 du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale - ecteur Manche et Calvados. (2019).
86. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°174/2019 rendant obligatoire la délibération n°2019/28CRUMW23 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (Vlle). (2019).
87. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Hauts-de-France. Arrêté n°23/2020 rendant obligatoire la délibération n°11/2020 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM) des Hauts-de-France relative à la fixation de mesures techniques pour la pêche du homard, de l'araignée de mer, du tourt. (2020).
88. Gouvernement of UK. Fishing vessel licence requirements - GOV.UK.
89. Lobsters facts and fishing regulations.
90. Andersens, H. C. Interim Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs International Council for the Exploration of the Sea Conseil International pour l'Exploration de la Mer. (2017).
91. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°60/2020 rendant obligatoire l'avenant n°1 à la délibération n°2019/29 CRUME19 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale - secteur Man. 4 (2020).
92. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°59/2020 rendant obligatoire l'avenant n°1 à la délibération maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (Vlle). 4 (2020).
93. Phillips, B. F. Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries. Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries (wiley, 2006). doi:10.1002/9780470995969.

94. DPMA. Arrêté du 28 janvier 2013 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture et de débarquement des poissons et autres organismes marins pour la pêche professionnelle. (2018).
95. Kleiven, A. R., Olsen, E. M. & Vølstad, J. H. Estimating Recreational and Commercial Fishing Effort for European Lobster *Homarus gammarus* by Strip Transect Sampling. *Mar. Coast. Fish.* **3**, 383–393 (2011).
96. Code rural et de la pêche maritime - Article R921-88 . (2015).

Synthèse bibliographique : le tourteau *Cancer pagurus*

Anaïs Roussel

Table des matières

Biologie	186
Identification taxonomique & morphologique.....	186
Répartition & habitat	187
Ecologie trophique	188
Croissance.....	188
Migrations	189
Cycle de vie	189
Maladies et parasitisme	191
Exploitation des stocks Européens	192
Contexte de l'exploitation du tourteau	192
Identification des stocks	193
Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants	193
Bibliographie	197

Biologie

Identification taxonomique & morphologique

Le tourteau est un crustacé décapode (Table X ; Figure X) très courant en Europe. Il est facilement identifiable grâce à sa carapace très caractéristique (Figure X). Celle-ci, de couleur brune, est deux fois plus large que longue. Elle est parcourue sur ses bords de motifs rappelant la forme d'une tourte. Les deux premières pinces, dont les bouts sont noirs lui servent à se nourrir et broyer ses proies, tandis que les 4 autres paires de pattes plus fines lui servent à bouger et marcher ¹. La carapace des crustacés est composée de cristaux de calcite de magnésium. Chez le tourteau, elle est très épaisse et solide, notamment au bout des pattes qui sont en contact avec le sédiment et doivent donc être plus fortement minéralisés ².

Table X – Taxonomie du tourteau *Cancer pagurus*

Domaine	Règne	Embranchement	Sous-embranchement	Super classe	Classe	Sous-classe	Super ordre	Ordre
Biota	Animalia	Arthropoda	Crustacea	Multicrustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda
Sous-ordre	Infra-ordre	Section	Sous-section	Super famille	Famille	Genre	Espèce	
Pleocyemata	Brachyura	Eubrachyura	Heterotremata	Cancroidea	Cancridae	Cancer	Cancer pagurus	



Figure X – Photographie d'un tourteau ¹

Répartition & habitat

Distribué des côtes de Norvège jusqu'au sud du Maroc (Figure X) ^{1,3,4}, le crabe *Cancer pagurus* est une espèce de crustacés décapode fortement ciblée par les caséiers en Europe. C'est un animal qui vit à des profondeurs relativement faibles, et en tout état de cause entre 0 et 100 mètres ⁵.



Figure X – Carte de la répartition du tourteau ⁴

Les habitats complexes sur les côtes (rochers, cavités, herbiers à zostère, champs de maërl, ...) jouent le rôle de nurserie pour cette espèce ^{6,7}. Les adultes peuvent parfois prédateur les juvéniles. Aussi, il est rare de les retrouver aux mêmes endroits, bien que leurs habitats préférentiels soient similaires (rochers, cavités, ...) ⁷⁻⁹. On retrouve les adultes généralement dans des fonds rocheux légèrement plus profonds que les juvéniles ^{1,10} même s'ils restent généralement entre 0 et 100 mètres ⁵.

Les tourteaux sont des animaux sténothermes ¹¹⁻¹³, c'est-à-dire que leur fenêtre de tolérance thermique est réduite par rapport aux autres espèces similaires. Ils tolèrent généralement une température maximale entre 20 et 25 °C ^{14,15}. Au-delà de 22°C, on peut observer des réductions dans leurs performances neuro-musculaires ¹³.

Il n'y a que très peu de variations de salinité dans la zone de répartition du tourteau. Il apparaît donc logique que cet animal présente une forte affinité avec les salinités dites normales, de 35 ‰ ^{16,17}.

Ecologie trophique

Les tourteaux sont des prédateurs nocturnes : en raison d'une plus forte activité, leur consommation en oxygène augmente pendant la nuit ¹⁸⁻²⁰. Les juvéniles et les adultes se nourrissent sur les mêmes types de proie, et sélectionnent la taille de leur proies en fonction de la taille de leurs mandibules ^{18,21}. Les adultes peuvent néanmoins se nourrir de plus petites proies, plus faciles à manipuler. Il se nourrissent principalement de benthos, en creusant des trous dans les fonds meubles pour atteindre les mollusques enfouis ²²⁻²⁴. Ces derniers peuvent mettre jusqu'à 1 mois pour être recolonisés par le benthos ^{25,26}. Les crabes peuvent également consommer de façon occasionnelle les rejets de la pêche ²⁷ ou de juvéniles en cours de mue ⁸.

Croissance

Les crustacés ont une croissance intermittente par mues successives ²⁸⁻⁵². Les mues peuvent s'étaler tout le long de la vie de l'animal, ou être stoppée par une mue terminale comme chez l'araignée de mer *Maja brachydactyla*. La croissance des crustacés est caractérisée par une fréquence de mue, ainsi que par l'incrément de croissance moyen par mue.

Chez le tourteau, la croissance a lieu sur toute la vie de l'animal, principalement en été ⁵³. Le tourteau mue toute sa vie, même si la fréquence de ses mues réduit à l'âge adulte pour atteindre une mue par an environ ^{35,48,54}. Pour femelles matures (en général de plus de 100 mm), la croissance est fortement réduite ^{3,22}. En effet, elles peuvent pondre plusieurs années de suite, et donc ne muent pas ⁹.

Selon les zones, on observe des différences dans la taille moyenne des tourteaux capturés. Ces différences sont probablement dues à la sélectivité des casiers, à des différences des traits de vie entre les populations, et également à des niveaux d'exploitation différents entre zones ⁵⁵⁻⁵⁷.

Migrations

Le tourteau est un animal nomade. Ses migrations sont intrinsèquement liées à son cycle de reproduction ⁵⁸⁻⁶¹. Les mâles effectuent donc de faibles migrations ⁶² tandis que les femelles migrent sur de plus longues distances ^{9,63} afin par exemple de protéger leur œufs dans des zones spécifiques de regroupement des femelles grainées ^{64,65}.

Plus les animaux sont gros, plus ils migrent sur de longues distances.

Cycle de vie

La reproduction a lieu lorsque la femelle mature vient de muer et que la carapace est molle, entre décembre et février ⁶⁶. Le mâle reste avec la femelle juste avant sa mue, l'aide à sortir de sa carapace puis les deux s'accouplent avant que la carapace de la femelle ne durcisse à nouveau ⁶⁶. Le mâle peut rester auprès de la femelle pendant 3 à 21 jours ⁶⁷. Après l'accouplement, les mâles bouchent l'orifice de la femelle après la reproduction afin qu'aucun autre mâle ne se reproduise avec elle ⁶⁸. La femelle peut garder le sperme jusqu'à 1 an avant de féconder ses œufs ¹.

A chaque mue, les femelles ne se reproduisent qu'avec un seul mâle. Une compétition peut alors s'installer entre mâles. Lorsque c'est le cas, seul un mâle plus gros pourrait prendre la place du mâle 'en place' ⁶⁸.

Lors de la ponte, les femelles creusent des trous dans les fonds meubles et sableux, le temps que les œufs pondus adhèrent aux pléopodes ^{25,65,66,69,70}. Ces trous sont ensuite recolonisés progressivement, pendant 1 mois environ, par la biodiversité benthique des fonds sableux ^{25,26}.

Les œufs pondus restent entre 6 et 9 mois sous l'abdomen des femelles avant d'être libérés dans le milieu ^{64,66,71,72}. Lors de l'incubation des œufs, les femelles se regroupent dans des zones spécifiques et protégées afin de protéger leurs œufs. Elles consomment également plus d'oxygène durant cette période, principalement dans le but d'aérer les œufs en bougeant leurs pléopodes ⁶⁴. La taille est le facteur qui conditionne le plus la fécondité d'une femelle : plus la femelle est petite, moins les œufs sont nombreux et moins ils ont de chance de se développer jusqu'au stade juvénile ⁷⁰.

Après 7 mois d'incubation sous l'abdomen des femelles, les larves sont libérées autour de mai à juin dans des zones spécifiques ^{54,65,66,71,72}. La phase larvaire dure entre 6 et 8 semaines, dépendamment de la température ⁵⁴. Elle est minimale à 15°C ^{73,74}. Le développement larvaire des tourteaux est typique des crustacés : des stades zoeae se succèdent (5), puis une larve megalopa permet la transition vers la phase juvénile ¹. La phase megalopa dure mois de 24 heures ⁶⁶. La mortalité larvaire est très élevée.

Les juvéniles recrutés sur le fond font environ 3 mm ⁵⁴. Ils sont recrutés majoritairement sur des fonds complexes, leur offrant des cavités et des abris ⁶. Ils passent 3 à 4 ans abrités avant d'acquérir la maturité sexuelle. La maturité est évaluée sur 4 critères : comportemental, morphologique, fonctionnel et physiologique ⁵⁰. En fonction des méthodes, la taille à première maturité est estimée entre 100 et 130 mm ^{3,22}. Elle ne varie pas en fonction de la température. En revanche, puisque la croissance est réduite dans les hautes latitudes, alors les crabes sont

En résumé :

- Phase larvaire : 6 à 8 semaines
- 3 à 4 ans de vie juvénile : mues successives nombreuses
- acquisition de la maturité sexuelle

matures à un âge plus tardif dans les hautes latitudes, mais à une taille similaire ⁵⁷. A partir de ce stade, la reproduction aura lieu chaque année à la période de mue des femelles. Une femelle peut parfois féconder deux pontes successives avec le sperme d'un seul épisode de reproduction. Alors, entre ces deux pontes, la femelle ne muera pas ⁴⁸.

Maladies et parasitisme

Les crabes, et les crustacés en général, sont très sensibles à certaines bactéries ayant une activité de dégradation de la chitine. Ces bactéries provoquent des lésions qui noircissent sur la carapace, et peuvent même s'infiltrer dans l'hémolymph et les organes internes, dans les cas les plus sévères ⁷⁵⁻⁸⁵. Chez certaines populations de tourteau, on peut retrouver ces lésions sur plus de 50% des individus pêchés. L'effet de polluants (présence d'égouts, de métaux lourds) reste encore à déterminer dans la prévalence de ce genre de maladies chez le tourteau, et les crustacés en général. Les bactéries responsables de ces maladies trouvent des portes d'entrée généralement sur la face ventrale de la carapace, qui peut présenter des ébrasures liées au frottements du sédiment ⁸². Les juvéniles y sont plus sensibles ⁸⁶.

En plus d'infections bactériennes, les crabes et crustacés peuvent être parasités par la sacculine, des champignons, des dinoflagellés ^{79,85,87-91}. Ces maladies et parasites, dont la prévalence est importante chez le tourteau, peuvent avoir un impact sur la consommation humaine. En effet, s'il est consommé cru ou mal cuit, le crabe peut provoquer intoxications alimentaires et autres infections chez l'homme ⁸⁰.

Exploitation des stocks Européens

Contexte de l'exploitation du tourteau

Les principaux pays producteurs de tourteau sont la France, l'Irlande et le Royaume Uni. Pour ce dernier, le tourteau représente un apport de 1 000 000 £ et 35% de la totalité des captures nationales ^{53,92}. La pêche du tourteau se développe également en Allemagne et aux Pays-Bas par exemple, où elle ne concerne que quelques navires ou des captures accessoires au filet.

En 2015, 14 000 tonnes étaient débarquées au Royaume-Uni, 6000 en Irlande (dont la moitié par des petites unités de pêche de moins de 12 mètres), et 4000 en France. Ces captures sont majoritairement réalisées au casier par la flottille des caseyeurs, ou fileyeurs-caseyeurs en France. En 2018, environ 1000 tonnes de tourteau se sont vendues en halles à marées en France, à un prix moyen de 4.14€/kg. Très peu sont invendus (0.3 tonne en 2018). Les mâles sont vendus à un prix plus élevé que les femelles ⁹³. Les principaux ports de débarquements sont situés en Bretagne, Pays de la Loire et Normandie Manche Ouest ⁹⁴.

Le tourteau n'est pêché qu'au casier ⁹⁵. C'est un engin dormant reposant sur le fond. Ils sont généralement regroupés en filière de 15 à 50 casiers, et remontés toutes les 24 à 48 heures. Les casiers sont appâtés avec des rougets, roussettes, ... afin d'y attirer les crustacés. Ils présentent une ouverture sur le dessus, et peuvent comporter plusieurs chambres ayant pour but de piéger l'animal. Dans ce cas, on parle de casier piège.

Dépendamment des régions, la pratique du métier du casier à crustacés diffère. En effet, si la plupart des bateaux pratiquant le métier du casier réalisent des marées à la journée, certains caseyeurs partent plus loin et restent entre 8 et 15 jours en mer. Ces bateaux font alors généralement entre 18 et 24 mètres.

La pêche du tourteau peut se pratiquer toute l'année, mais présente un pic d'activité au printemps. De plus selon les saisons, les animaux ne présentent pas la même composition biochimique ⁹⁶. En revanche une différence de composition entre les mâles et les femelles, le mâle étant surtout avantage car il a de plus grosses pinces que la femelle ⁹⁷. On retrouve des femelles dans les captures majoritairement en automne, le reste de l'année elles sont peu mobiles et protègent leurs œufs ^{53,64,65}.

Le marché Européen du tourteau a été impacté à la suite de l'interdiction des imports Européens sur le marché chinois à cause de taux de cadmium trop importants ⁹⁸. Le cadmium entre dans les tissus de l'animal via son alimentation. Il est surtout stocké dans le système digestif, mais est diffusé à l'ensemble des tissus lors de la cuisson, ce qui peut poser des problèmes de santé publique ^{99–101}. De plus, on peut retrouver des traces de cadmium jusqu'à 3 semaines après la consommation de tourteau ¹⁰².

Identification des stocks

La dispersion larvaire, ainsi que la forte migration des adultes (principalement les femelles) rendent difficile l'identification formelle des stocks. De plus, les tourteaux présentent une forte dynamique d'échange génétique qui a tendance à réduire les différences génétiques entre les populations. Les mâles peuvent cependant permettre d'identifier génétiquement les grands groupes populationnels, puisque leurs migrations sont plus réduites et ils présentent des caractères d'adaptation locale ⁶². Les pontes sur la côte est de l'Angleterre sont bien séparées par un front pendant l'été qui empêche

le mélange des larves pondues au nord et au sud de ce front ⁷¹. Le CEFAS (institut scientifique en Angleterre) considère 5 unités de gestion de la pêche au tourteau, correspondant aux limites des zones CIEM. Les règles de gestion de la pêcherie au crabe diffèrent entre et au sein même de ces 5 unités ¹⁰³.

Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants

En Europe, le tourteau est une espèce non soumise à TAC et quota. Sa gestion revient donc aux instances nationales ou régionales. En France, les règles de gestion peuvent varier au niveau régional en fonction des délibérations des comités régionaux. Au niveau européen, seul le stock en Vlle est mentionné au CIEM par le WGCRA^B ^{104–106}, mais n'est pas évalué à proprement parler. Le CEFAS réalise une évaluation tous les 2 ans sur les 5 unités de gestion considérées ¹⁰⁷.

Les clés taille-âge ne peuvent que très difficilement être établies. En effet, les crabes grandissent par mues successives et ne conservent pas de pièces calcifiées rendant difficile la détermination de leur âge.

Tableau récapitulatif de la gestion du tourteau *Cancer pagurus* dans les principaux pays exploitant cette ressource

Attention, ce tableau est établi pour la situation en 2020, et n'a qu'un but informatif. Merci de vous référer aux arrêtés les plus récents, disponibles auprès des comités régionaux des pêches de votre région pour la réglementation en vigueur.

	Bretagne ^{108,109}	Normandie Manche OUEST ^{110,111}	Normandie Manche EST (50-14) ^{112,113}	Hauts-de-France ^{108,114,115}	UK ^{103,104,107,116}	Irlande ¹⁰⁴	Jersey ¹⁰⁴
Zone CIEM	VIIe	VIIe	VIIId	IVc & VIIId	VIIa,d-f & IVc		VIIe
Dernière évaluation disponible					2017		
Derniers débarquements disponibles					2016 : 18000 tonnes	2015 : 6000 T	
Taille des navires	Inférieure à 13.5m aux Glénans	NON	NON	NON	Taille maximale spécifique à chaque région	NON	
Contingent de licences		112	79	210 (dont 11 pêche ciblée)	Oui pour les moins de 10m	OUI	OUI
AEP	Partiellement	OUI	OUI	OUI			
Nombre de casiers	250 à 300 par homme, 1000 par navire (1200 pour longueur HT > 20 m)	Ouest Cotentin 20510 casiers classiques, 3360 pièges Nord-Ouest Cotentin 4500 classiques, 4500 pièges	Nord Cotentin : 2400 classiques, 2220 pièges Est Cotentin : 2800 classiques 2500 pièges Calvados : 4530 classiques 990 pièges	150/homme en pêche ciblée, 75 en pêche accessoire	Limites en Manche Est et Mer du Nord centrale	NON	OUI

Cancer pagurus – Projet MECANOR²

			300 par bateau en diversification				
Casier piège	Interdit (sauf au large de St Malo)	Interdits sur le plateau des minquiers, la bande côtière de l'ouest cotentin		Autorisé (avec trappes d'échappement)	Trappes d'échappement obligatoires dans certaines régions	Trappes d'échappement non obligatoires	
Marquage des casiers		OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI
Limites de capture				100kg/homme (80 au printemps/été) 50 kg (40 au printemps/été)			
Taille minimale de débarquement	130, 140 ou 150 mm selon les zones	150 mm	150 mm	140 mm	115 à 160 mm	130 ou 140 mm	140 mm
Règlementation pinces	75 kg de pattes pour les fileyeurs ou 1% des captures au casier	Détention interdite	Détention interdite	20 kg maximum (ou 1% du poids des captures)	1% du volume total des captures pour les caseyeurs, ou 75 kg	1% du volume total des captures	1% du volume total des captures pour les caseyeurs, ou 75 kg
Tourteaux clairs	Remise à l'eau obligatoire				Interdits au débarquement	Interdits au débarquement	Interdits au débarquement
Protection femelles grainées	NON	NON	NON	NON	Protégées dans certaines régions	NON	
Jours de fermeture			Week-ends et/ou jours fériés	Dimanche			

Cancer pagurus – Projet MECANOR²

Périodes de fermeture	Du 01/09 au 15/10 au large de St Malo					NON	NON
Zones de cantonnement	Oui, voir arrêté correspondant	Blainville, Pirou, St Germain, Dielette, Chausey				NON	NON

Bibliographie

1. Ziemiński, F., Bouchard, J.-M. & Noël, P. *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758. <https://doris.ffesmm.fr/Especies/Tourteau4> (2011).
2. Boßelmann, F., Romano, P., Fabritius, H., Raabe, D. & Epple, M. The composition of the exoskeleton of two crustacea: The American lobster *Homarus americanus* and the edible crab *Cancer pagurus*. *Thermochim. Acta* **463**, 65–68 (2007).
3. Haig, J. A. *et al.* Reproductive traits and factors affecting the size at maturity of *Cancer pagurus* across Northern Europe. *ICES J. Mar. Sci.* **73**, 2572–2585 (2016).
4. FAO. FAO Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets - *Cancer pagurus* (Linnaeus, 1758). <http://www.fao.org/fishery/species/2627/en>.
5. Shelton, R. G. J. & Hall, W. B. A comparison of the efficiency of the Scottish creel and the inkwell pot in the capture of crabs and lobsters. *Fish. Res.* **1**, 45–53 (1981).
6. Robinson, M. & Tully, O. Seasonal variation in community structure and recruitment of benthic decapods in a sub-tidal cobble habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **206**, 181–191 (2000).
7. Pallas, A., Garcia-Calvo, B., Corgos, A., Bernardez, C. & Freire, J. Distribution and Habitat use Patterns of Benthic Decapod Crustaceans in shallow waters: a Comparative Approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **324**, 173–184 (2006).
8. Amaral, V., Paula, J., Hawkins, S. & Jenkins, S. Cannibalistic interactions in two co-occurring decapod species: Effects of density, food, alternative prey and habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **368**, 88–93 (2009).
9. Bennett, D. B. & Brown, C. G. Crab (*Cancer Pagurus*) Migrations in the English Channel. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **63**, 371–398 (1983).
10. Bakke, S., Buhl-Mortensen, L. & Buhl-Mortensen, P. Some observations of cancer pagurus Linnaeus, 1758 (Decapoda, Brachyura) in deep water. *Crustaceana* **92**, 95–105 (2019).
11. Cuculescu, M. & Bowler, K. The isolation of a plasma membrane-rich fraction from the skeletal muscle of two species of marine crab, *Carcinus maenas* and *Cancer pagurus*. *Comp. Biochem. Physiol. -- Part B Biochem.* **106**, 263–267 (1993).

12. Hyde, D., Pearson, T., Qari, S. & Bowler, K. Adaptive considerations of temperature dependence of neuromuscular function in two species of summer- and winter-caught Crab (*Carcinus maenas* and *Cancer pagurus*). *J. Comp. Physiol. [B]* **185**, 629–636 (2015).
13. Cuculescu, M. Acclimatory response to environmental temperature in two species of marine crab: the stenothermal cancer pagurus and the eurythermal carcinus maenas. (1996).
14. Cuculescu, M., Hyde, D. & Bowler, K. Thermal tolerance of two species of marine crab, *Cancer pagurus* and *Carcinus maenas*. *J. Therm. Biol.* **23**, 107–110 (1998).
15. Bowler, K., Cuculescu, M., Hopkin, R. S., Qari, S. & Hyde, D. Seasonal thermal tolerance in marine Crustacea Thermal tolerance of marine crustaceans View project Asian small clawed otter behaviour in zoos View project Seasonal thermal tolerance in marine Crustacea. *Artic. J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (2006) doi:10.1016/j.jembe.2005.10.007.
16. Agnalt, A. L., Farestveit, E., Gundersen, K., Jørstad, K. E. & Kristiansen, T. S. Population characteristics of the world's northernmost stocks of European lobster (*Homarus gammarus*) in Tysfjord and Nordfolda, northern Norway. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.* **43**, 47–57 (2009).
17. Neal, K. & Wilson, E. Edible crab (*Cancer pagurus*). *MarLIN* (2008) doi:10.17031/marlinsp.1179.2.
18. Heraghty, N. Investigating the abundance, distribution and habitat use of juvenile *Cancer pagurus* (L.) of the intertidal zone around Anglesey and Llŷn Peninsula, North Wales (UK). (School of Ocean sciences, ollege of Natural Sciences, Bangor University, 2013).
19. Naylor, J. K., Taylor, E. W. & Bennett, D. B. The oxygen uptake of ovigerous edible crabs (*Cancer pagurus*) (L.) and their eggs. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* **30**, 29–44 (1997).
20. Scott, K., Harsanyi, P. & Lyndon, A. R. Baseline measurements of physiological and behavioural stress markers in the commercially important decapod *Cancer pagurus* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **507**, 1–7 (2018).
21. Mascaró, M. & Seed, R. Foraging behavior of juvenile *Carcinus maenas* (L.) and *Cancer pagurus* L. *Mar. Biol.* **139**, 1135–1145 (2001).
22. Ungfors, A. Sexual maturity of the edible crab (*Cancer pagurus*) in the Skagerrak and the Kattegat, based on reproductive and morphometric characters. *ICES J. Mar. Sci.* **64**, 318–327 (2007).

23. Le Foll, A. La pêcherie du tourteau *Cancer pagurus* sur les cotes de Bretagne Sud : déplacements, croissance, reproduction. (1982).
24. Mascaro, M. Crab foraging behaviour: prey size and species selection in *Carcinus maenas* (L.) and *Cancer pagurus* L. (1998).
25. Thrush, S. F. Spatial heterogeneity in subtidal gravel generated by the pit-digging activities of *Cancerpagurus*. *Mar. Ecol.-Prog. Ser. Mar Ecol Prog Ser* **30**, 221–227 (1986).
26. Hall, S. J., Basford, D. J., Robertson, M. R., Raffaelli, D. G. & Tuck, I. Patterns of recolonisation and the importance of pit-digging by the crab *Cancer pagurus* in a subtidal sand habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **72**, 93–102 (1991).
27. Ramsay, K., Kaiser, M. J., Moore, P. G. & Hughes, R. N. Consumption of Fisheries Discards by Benthic Scavengers: Utilization of Energy Subsidies in Different Marine Habitats. *J. Anim. Ecol.* **66**, 884 (1997).
28. MacDiarmid, A. B. Moulting and reproduction of the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae) in northern New Zealand. *Mar. Biol.* **103**, 303–310 (1989).
29. Phillips, B. F. *Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries*. *Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries* (wiley, 2006). doi:10.1002/9780470995969.
30. Cobb, J. S. & Phillips, B. F. *The Biology and Management of Lobsters*. *The Biology and Management of Lobsters* vol. 2 (Elsevier Inc., 2012).
31. Sheehy, M. & Prior, A. Progress on an old question for stock assessment of the edible crab *Cancer pagurus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **353**, 191–202 (2008).
32. Castejón, D., Rotllant, G., Giménez, L., Torres, G. & Guerao, G. The Effects of Temperature and Salinity on the Survival, Growth and Duration of the Larval Development of the Common Spider Crab *Maja brachydactyla* (Balss, 1922) (Brachyura: Majidae). *J. Shellfish Res.* **34**, 1073–1083 (2015).
33. McLay, C. L. Moulting and growth in Brachyura in: Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea, Volume 9 Part C (2 vols). in *Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea* vol. 9 245–316 (2015).
34. Hewett, C. J. Growth and moulting in the common lobster (*homarus vulgaris* milne-edwards). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **54**, 379–391 (1974).

35. Hartnoll, R. G. Variation in Growth Pattern between Some Secondary Sexual Characters in Crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana* vol. 27 131–136 Preprint at <https://doi.org/10.2307/20102127>.
36. Freire, J., González-Gurriarán, E., Corgos, A. & Sampedro, M. P. Growth at Moulting, Intermoult Period, and Moulting Seasonality of the Spider Crab *Maja brachydactyla*: Combining Information from Mark-Recapture and Experimental Studies. *J. Crustac. Biol.* **27**, 255–262 (2007).
37. Lasker, R. Feeding, Growth, Respiration, and Carbon Utilization of a Euphausiid Crustacean. *J. Fish. Res. Board Can.* **23**, 1291–1317 (1966).
38. Wainwright, G., Webster, S. G., Wilkinsoit, M. C., Chung, J. S. & Rees, H. H. Structure and significance of mandibular organ-inhibiting hormone in the crab, *Cancer pagurus*: Involvement in multihormonal regulation of growth and reproduction. *J. Biol. Chem.* **271**, 12749–12754 (1996).
39. Addison, J. T., Lovewell, S. R. J. & Bannister, R. C. A. Growth, Movement, Recapture Rate and Survival of Hatchery-Reared Lobsters (*Homarus gammarus* (Linnaeus, 1758)) Released Into the Wild On the English East Coast in: *Crustaceana* Volume 67 Issue 2 (1994). *Crustaceana* **67**, 156–172 (1994).
40. Domingues, P., Alaminos, J., García-Garrido, S., Hachero-Cruzado, I. & Rosas, C. Growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922), fed with fresh or frozen mussels. *Aquac. Res.* **43**, 167–177 (2012).
41. Andrés, M., Estévez, A., Anger, K. & Rotllant, G. Developmental Patterns of Larval Growth in the Edible Spider Crab, *Maja brachydactyla* (Decapoda: Majidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **357**, 35–40 (2008).
42. Miller, R. J. & Watson, J. Growth Per Molt and Limb Regeneration in the Spider Crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Fish. Res. Board Can.* **33**, 1644–1649 (1976).
43. Bliss, D. E. & Boyer, J. R. Environmental regulation of growth in the decapod crustacean *Gecarcinus lateralis*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **4**, 15–41 (1964).
44. Kideys, A. E. Determination of Age and Growth of *Buccinum undatum* L.(Gastropoda) off Douglas, Isle of Man. *Helgoländer Meeresunters.* **50**, 353–368 (1996).

45. Sheehy, M. R. J., Bannister, R. C. A., Wickins, J. F. & Shelton, P. M. J. New perspectives on the growth and longevity of the European lobster (*Homarus gammarus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**, 1904–1915 (1999).
46. Templeman, W. The Influence of Temperature, Salinity, Light and Food Conditions on the Survival and Growth of the Larvae of the Lobster (*Homarus americanus*). *J. Biol. Board Can.* **2**, 485–497 (1936).
47. Chang, Y. J., Sun, C. L., Chen, Y. & Yeh, S. Z. Modelling the growth of crustacean species. *Rev. Fish Biol. Fish.* **22**, 157–187 (2012).
48. Bennett, D. B. Growth of the edible crab (*cancer pagurus* L.) off south-west england. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **54**, 803–823 (1974).
49. Agnalt, A.-L. *et al.* Growth, reproductive cycle, and movement of berried European lobsters (*Homarus gammarus*) in a local stock off southwestern Norway.
50. Öndes, F., Kaiser, M. J. & Murray, L. G. Relative growth and size at onset of sexual maturity of the brown crab, *Cancer pagurus* in the Isle of Man, Irish Sea. *Mar. Biol. Res.* **13**, 237–245 (2017).
51. Andrés, M., Estévez, A. & Rotllant, G. Growth, Survival and Biochemical Composition of Spider Crab *Maja brachydactyla* (Balss, 1922) (Decapoda: Majidae) Larvae Reared under Different Stocking Densities, prey:larva Ratios and Diets. *Aquaculture* **273**, 494–502 (2007).
52. Jørstad, K. E., Agnalt, A. L., Kristiansen, T. S. & Nøstvold, E. High survival and growth of European lobster juveniles (*Homarus gammarus*) reared communally on a natural-bottom substrate. *Mar. Freshw. Res.* **52**, 1431–1438 (2001).
53. Brown, C. G. & Bennett, D. B. Population and catch structure of the edible crab (*Cancer pagurus*) in the English Channel. *ICES J. Mar. Sci.* **39**, 88–100 (1980).
54. Ifremer. *Biologie du Tourteau*.
55. Addison, J. T. & Lovewell, S. R. J. Size composition and pot selectivity in the lobster (*Homarus gammarus* (L.)) and crab (*Cancer pagurus* L.) fisheries on the east coast of England. *ICES J. Mar. Sci.* **48**, 79–90 (1991).
56. Woll, A. K., van der Meeren, G. I. & Fossen, I. Spatial variation in abundance and catch composition of *Cancer pagurus* in Norwegian waters: biological reasoning and implications for assessment. *ICES J. Mar. Sci.* **63**, 421–433 (2006).

57. Bakke, S. *et al.* Size at maturity and molting probability across latitude in female *Cancer pagurus*. *Fish. Res.* **205**, 43–51 (2018).
58. Smith, I., Jensen, A., Collins, K. & Matthey, E. Movement of wild European lobsters *Homarus gammarus* in natural habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **222**, 177–186 (2001).
59. Triantafyllidis, A. *et al.* Mitochondrial DNA variation in the European lobster (*Homarus gammarus*) throughout the range. *Mar. Biol.* **146**, 223–235 (2005).
60. Mesquita, C., Dobby, H. & McLay, H. *Crab and Lobster Fisheries in Scotland: Results of Stock Assessments 2009-2012: Scottish Marine and Freshwater Science Vol 7 No 9 - gov.scot.* (2016).
61. Karlsson, K. & Christiansen, M. F. Occurrence and population composition of the edible crab (*Cancer pagurus*) on rocky shores of an islet on the South Coast of Norway. *Sarsia* **81**, 307–314 (1996).
62. McKeown, N., Hauser, L. & Shaw, P. Microsatellite genotyping of brown crab *Cancer pagurus* reveals fine scale selection and ‘non-chaotic’ genetic patchiness within a high gene flow system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **566**, 91–103 (2017).
63. Ungfors, A., Hallbäck, H. & Nilsson, P. G. Movement of adult edible crab (*Cancer pagurus* L.) at the Swedish West Coast by mark-recapture and acoustic tracking. *Fish. Res.* **84**, 345–357 (2007).
64. Howard, A. E. The distribution and behaviour of ovigerous edible crabs (*Cancer pagurus*), and consequent sampling bias. *ICES J. Mar. Sci.* **40**, 259–261 (1982).
65. Woll, A. In situ observations of ovigerous *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758 in Norwegian waters (Brachyura, Cancridae). *Crustaceana* **76**, 469–478 (2003).
66. Haig, J. A., Rayner, G., Akritopoulou, E. & Kaiser, M. J. *Fecundity of Cancer pagurus in Welsh waters; a comparison with published literature. Fisheries and Conservation Science* (2015) doi:10.1093/ICESJMS/40.3.259.
67. Edwards, E. Mating Behaviour in the European Edible Crab (*Cancer pagurus* L.). *Crustaceana* **10**, 23–30 (1966).
68. Haig, J., Pantin, J., Salomonsen, H. & Kaiser, M. J. *Size at maturity of the edible crab (Cancer pagurus) in Welsh waters.* (2015).

69. Hall, S. J., Robertson, M. R., Basford, D. J. & Fryer, R. Pit-Digging by the Crab Cancer pagurus: A Test for Long-Term, Large-Scale Effects on Infaunal Community Structure. *J. Anim. Ecol.* **62**, 59 (1993).
70. Hines, A. H. Fecundity and Reproductive Output in Nine Species of Cancer crabs (Crustacea, Brachyura, Cancridae). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **48**, 267–275 (1991).
71. Eaton, D. R., Brown, J., Addison, J. T., Milligan, S. P. & Fernand, L. J. Edible crab (*Cancer pagurus*) larvae surveys off the east coast of England: Implications for stock structure. *Fish. Res.* **65**, 191–199 (2003).
72. Thompson, B. M., Lawler, A. R. & Bennett Thompson, D. B. *Estimation of the spatial distribution of spawning crabs (Cancer pagurus L.) using larval surveys in the English Channel. ICES m ar. Sei. Sym p* vol. 199 (1995).
73. Nichols, J. H., Thompson, B. M. & Cryer, M. Production, drift and mortality of the planktonic larvae of the edible crab (*cancer pagurus*) off the North-East coast of England. *Netherlands Journal of Sea Research* vol. 16 173–184 Preprint at [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(82\)90028-X](https://doi.org/10.1016/0077-7579(82)90028-X) (1982).
74. Weiss, M. *et al.* Influence of temperature on the larval development of the edible crab, *Cancer pagurus*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **89**, 753–759 (2009).
75. Powell, A. & Rowley, A. Unchanged prevalence of shell disease in the edible crab *Cancer pagurus* four years after decommissioning of a sewage outfall at Langland Bay, UK. *Dis. Aquat. Organ.* **68**, 83–87 (2005).
76. Ayres, P. A. & Edwards, E. Notes on the Distribution of “Black Spot” Shell Disease in Crustacean Fisheries. *Chem. Ecol.* **1**, 125–130 (1982).
77. Vogan, C. L. & Rowley, A. F. Dynamics of shell disease in the edible crab *Cancer pagurus*: a comparative study between two sites on the Gower Peninsula, South Wales, UK. *Dis. Aquat. Organ.* **52**, 151–157 (2002).
78. Vogan, C. L., Powell, A. & Rowley, A. F. Shell disease in crustaceans – just chitin recycling gone wrong? *Environ. Microbiol.* **10**, 826–835 (2008).
79. Stentiford, G. D. Diseases of the European edible crab (*Cancer pagurus*): a review. *ICES J. Mar. Sci.* **65**, 1578–1592 (2008).
80. Wang, W. Bacterial diseases of crabs: A review. *J. Invertebr. Pathol.* **106**, 18–26 (2011).

81. Vogan, C. L., Costa-Ramos, C. & Rowley, A. F. Shell disease syndrome in the edible crab, *Cancer pagurus* - Isolation, characterization and pathogenicity of chitinolytic bacteria. *Microbiology* **148**, 743–754 (2002).
82. Vogan, C. L., Llewellyn, P. J. & Rowley, A. F. Epidemiology and dynamics of shell disease in the edible crab *Cancer pagurus*: a preliminary study of Langland Bay, Swansea, UK. *Dis. Aquat. Organ.* **35**, 81–87 (1999).
83. Johnson, P. T. Bacterial infection in the blue crab, *Callinectes sapidus*: course of infection and histopathology. *J. Invertebr. Pathol.* **28**, 25–36 (1976).
84. Cipriani, G. R., Wheeler, R. S. & Sizemore, R. K. Characterization of brown spot disease of gulf coast shrimp. *J. Invertebr. Pathol.* **36**, 255–263 (1980).
85. Cook, D. W. & Lofton, S. R. CHITINOCLASTIC BACTERIA ASSOCIATED WITH SHELL DISEASE IN *Penaeus* SHRIMP AND THE BLUE CRAB (*Callinectes sapidus*)*. doi:10.7589/0090-3558-9.2.154.
86. Bateman, K. S., Hicks, R. J. & Stentiford, G. D. Disease profiles differ between non-fished and fished populations of edible crab (*Cancer pagurus*) from a major commercial fishery. *ICES J. Mar. Sci.* **68**, 2044–2052 (2011).
87. Stentiford, G. D. *et al.* Infection by a Hematodinium-like parasitic dinoflagellate causes Pink Crab Disease (PCD) in the edible crab *Cancer pagurus*. *J. Invertebr. Pathol.* **79**, 179–191 (2002).
88. Alvarez, F., Hines, A. H. & Reaka-Kudla, M. L. The effects of parasitism by the barnacle *Loxothylacus panopaei* (Gissler) (Cirripedia: Rhizocephala) on growth and survival of the host crab *Rhithropanopeus harrisi* (Gould) (Brachyura: Xanthidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **192**, 221–232 (1995).
89. Takahashi, T. & Matsuura, S. Laboratory studies on molting and growth of the shore crab, *Hemigrapsus sanguineus* de Haan, parasitized by a rhizocephalan barnacle. *Biol. Bull.* **186**, 300–308 (1994).
90. Okada, Y. K. & Miyasmta, Y. *Sacculinization in Eriocheir japonicus de HA AN, with remarks on the occurence of complete sex-reversal in parasitized male crabs.* *KyoTo hlpERItxL UTNivF.RsITy, SERIES B* (1935).

91. Basson, M. A *PRELIMINARY INVESTIGATION OF THE POSSIBLE EFFECTS OF RHIZOCEPHALAN PARASITISM ON THE MANAGEMENT OF THE CRAB FISHERY AROUND SOUTH GEORGIA*. CCAMLR Science vol. 1.
92. Skerrett, D. & Fitzsimmons, C. Investigating the impact of offshore wind farms on European Lobster (*Homarus gammarus*) & brown Crab (*Cancer pagurus*) fisheries-Report to the MMO. (2012) doi:10.13140/2.1.1271.8882.
93. Barrento, S. *et al.* Macro and trace elements in two populations of brown crab *Cancer pagurus*: Ecological and human health implications. *J. Food Compos. Anal.* **22**, 65–71 (2009).
94. FranceAgriMer. *Données de vente déclarées en halles à marée en 2018*. (2019).
95. Brown, C. G. The effect of escape gaps on trap selectivity in the United Kingdom crab (*Cancer pagurus* L.) and lobster (*Homarus gammarus* (L.)) fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* **40**, 127–134 (1982).
96. Barrento, S. *et al.* Effect of season on the chemical composition and nutritional quality of the edible crab *Cancer pagurus*. *J. Agric. Food Chem.* **57**, 10814–10824 (2009).
97. Barrento, S. *et al.* Chemical composition, cholesterol, fatty acid and amino acid in two populations of brown crab *Cancer pagurus*: Ecological and human health implications. *J. Food Compos. Anal.* **23**, 716–725 (2010).
98. Tourteau vivant | La Chine bloque les lots chargés en cadmium - Produits de la mer. <https://pdm-seafoodmag.com/lactualite/detail/items/tourteau-vivant-la-chine-bloque-les-lots-charges-en-cadmium.html>.
99. Davies, I. M. *et al.* Field and experimental studies on cadmium in the edible crab *Cancer pagurus*. *Mar. Biol.* **64**, 291–297 (1981).
100. Wiech, M. *et al.* Effects of cooking and freezing practices on the distribution of cadmium in different tissues of the brown crab (*Cancer pagurus*). *Food Control* **75**, 14–20 (2017).
101. Wiech, M., Frantzen, S., Duinker, A., Rasinger, J. D. & Maage, A. Cadmium in brown crab *Cancer pagurus*. Effects of location, season, cooking and multiple physiological factors and consequences for food safety. *Sci. Total Environ.* **703**, 134922 (2020).
102. Newton, D., Johnson, P., Lally, A. E., Pentreath, R. J. & Swift, D. J. The Uptake by Man of Cadmium Ingested in Crab Meat. *Hum. Toxicol.* **3**, 23–28 (1984).
103. CEFAS. *Cefas Stock Status Report 2017 - Edible Crab (Cancer pagurus)*. (2017).

104. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. (2016).
105. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. (2010).
106. ICES. *Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB)*. (2012).
107. The Shellfish Team. *CEFAS Stock Status Report 2017 - Edible crab (Cancer pagurus)*. (2017).
108. DPMA. Arrêté du 28 janvier 2013 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture et de débarquement des poissons et autres organismes marins pour la pêche professionnelle. (2018).
109. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne. 2019-004 Délibération 'Crustacés-CRPM-B' du 05 avril 2019 fixant le contingent et les conditions particulières d'exercice de la pêche aux crustacés à l'exception des langoustines, des pouces-pieds et des crevettes grises dans les eaux relevant de la circo. 10 (2019).
110. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Avenant n°1 à la délibération 2019/28 CRUMW23 portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (VIIe). (2020).
111. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°174/2019 rendant obligatoire la délibération n°2019/28CRUMW23 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (VIIe). (2019).
112. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°175/2019 rendant obligatoire la délibération n°2019/29 CRUME19 du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale - ecteur Manche et Calvados. (2019).
113. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Avenant n°1 à la délibération 2019/29-CRUME19 portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale - secteur Manche et Calvados (50 et 14). (2021).
114. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Hauts-de-France. Arrêté n°23/2020 rendant obligatoire la délibération n°11/2020 du comité régional des pêches

maritimes et des élevages marins (CRPMEM) des Hauts-de-France relative à la fixation de mesures techniques pour la pêche du homard, de l'araignée de mer, du tourteau. 10 (2020).

115. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Hauts-de-France. Licence/AEP Crustacés - Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) Hauts de France. <https://www.comitedespeches-hautsdefrance.fr/crpmem-pro/accueil-crpmem-pro/peche-embarquee/licence/licenceaep-crustaces/> (2019).

116. Andersens, H. C. *Interim Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs International Council for the Exploration of the Sea Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. (2017).

Synthèse bibliographique :
L'araignée de mer *Maja*
brachydactyla

Anaïs Roussel, Vincent Lefebvre

Table des matières

Table des matières.....	209
Biologie	210
Identification taxonomique et morphologique	210
Répartition	211
Croissance.....	212
Cycle de vie	212
Vie adulte & migrations.....	212
Reproduction.....	213
Ponte.....	213
Vie larvaire	214
Vie juvénile.....	215
La pêche.....	217
Contexte de l'exploitation de l'araignée de mer	217
Identification des stocks.....	217
Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants	218
Pêche récréative de l'araignée de mer en France	221
Bibliographie	222

Biologie

Identification taxonomique et morphologique

L'araignée de mer est un crabe décapode de l'infra-ordre des Brachyours, ou « vrais crabes » (Table 1). Auparavant confondue avec l'espèce d'araignée semblable méditerranéenne *Maja squinado*, des différences morphologiques ¹ puis phylogénétiques ², ainsi qu'une ségrégation géographique ont pu être mises en évidence, et ont permis d'identifier formellement l'espèce *M. brachydactyla*. Chez *M. brachydactyla*, le rostre est plus large et plus court. L'épine dorsale médiane est plus courte et la base des épines est plus épaisse ¹.

Table 1 – Taxonomie de l'araignée de mer *Maja brachydactyla*

Domaine	Règne	Embranchement	Sous-embranchement	Super classe	Classe	Sous-classe	Super ordre	Ordre
Biota	Animalia	Arthropoda	Crustacea	Multicrustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda
Sous-ordre	Infra-ordre	Section	Sous-section	Super famille	Famille	Sous famille	Genre	Espèce
Pleocyemata	Brachyura	Eubrachyura	Heterotremata	Nephropoidea	Nephropidae	Majinae	Maja	Maja brachydactyla

La carapace est de forme ovoïde recouverte d'épines dorsales et de petites épines latérales (Figure 1). Les cornes du rostre sont petites et légèrement divergentes. La carapace et les péréiopodes 2-4 sont recouvertes de chètes ¹.

Les mâles et les femelles adultes peuvent facilement être différenciés. Les femelles ont un abdomen large et arrondi tandis que les mâles ont un abdomen plus petit et fin. Les mâles ont également des pattes avec des pinces caractéristiques qui permettent de les différencier des femelles, et peuvent également permettre de différencier des mâles adultes et juvéniles ^{3,4}.



Figure 1 – Photographie d'une araignée de mer ⁵

Les références bibliographiques peuvent référer, selon la date de leur parution, à *M. brachydactyla* ou *M. squinado*. Une attention particulière a cependant été apportée quant à l'aire géographique considérée dans les articles revus dans le cadre de ce travail.

Répartition

L'araignée de mer, *Maja brachydactyla* ¹ est répartie dans l'Atlantique Nord Est, des côtes du Sénégal jusqu'au Royaume-Uni ⁶. Si la limite Nord de son aire de répartition est communément admise au sein de la communauté scientifique, il existe plus de doutes quant à la limite Sud. L'espèce n'étant exploitée qu'en Europe, il existe substantiellement plus de données et d'informations au niveau des eaux Européennes.

Croissance

Les crustacés ont une croissance intermittente par mues successives. Les mues peuvent s'étaler tout le long de la vie de l'animal, ou peuvent être stoppée par une mue terminale comme chez l'araignée de mer *Maja brachydactyla*, selon la constitution hormonale des animaux ^{7,8}. L'araignée de mer présente une mue terminale. Les juvéniles araignée de mer subissent de nombreuses mues ^{9–13} au cours de la phase de croissance, qui dure entre 2 et 3 ans ^{9,13,14}. La mue terminale, achève la phase juvénile et coïncide avec le développement des gonades et l'acquisition de la maturité sexuelle ^{3,6,11,13–18}. A l'issue de cette mue terminale, les différences morphologiques de l'abdomen sont visibles et permettent de différencier les sexes. Les mâles matures ont également un ratio pince/taille supérieur, ce qui permet si nécessaire de distinguer les mâles matures et immatures ³. Il n'est pas possible d'utiliser une clé taille-âge pour âger les araignées adultes, puisqu'elles ne grandissent plus après leur mue terminale. Il existe quelques méthodes pour déterminer l'âge d'une araignée adulte via des méthodes indirectes, comme la quantité d'épibiontes sur la carapace, le dosage de la lipofuscine, ou son usure générale ^{19–23}. Elles sont très peu utilisées à l'heure actuelle.

Cycle de vie

Vie adulte & migrations

Les adultes acquièrent leur maturité sexuelle environ 2 à 3 mois après la mue terminale ³. Le développement et la maturation des gonades comporte 4 étapes ¹⁵, qui sont répétées selon un cycle annuel. La taille à maturité, ou encore la taille adulte des araignées, dépend des paramètres individuels de croissance qui peuvent varier fortement d'un individu à l'autre ^{4,14–16,24–33}.

Habitat : Ils peuvent vivre sur tous les types de fond ¹⁰. Ses préférendums environnementaux n'ont que très peu été étudiés, on peut observer des dommages physiologiques importants (redirection de l'hémolymph, baisse du rythme cardiaque, ...) dès 8°C ³⁴.

Migrations : Les adultes effectuent de longues migrations et traversent de nombreux milieux au cours d'une saison ^{9,10,14,35–38}. A la fin de l'été, on peut observer les araignées de mer à des profondeurs entre 10 et 40 mètres⁹, voire même à plus de 100 mètres pour certaines femelles ³⁶ pendant l'hiver. Lors de ces migrations, les adultes peuvent parcourir entre 1 et 10 kilomètres par jour ¹⁴, pour une distance totale qui peut atteindre 160 kilomètres. Les migrations permettent à l'araignée de se reproduire pendant l'été lorsqu'elle rejoint ses aires de

reproduction sur les côtes. En hiver, l'araignée migre vers des fonds plus profonds pour passer l'hiver dans une eau à température plus stable et en profondeur.

Alimentation : Son régime alimentaire correspond donc à son mode de vie, puisqu'elle est opportuniste et se nourrit des proies qu'elle peut trouver dans les différents milieux qu'elle traverse ^{10,22}. Elle se nourrit cependant majoritairement de macro-algues et d'invertébrés benthiques sessiles ou peu mobile. Plus les individus vieillissent, plus ils se nourrissent d'invertébrés benthiques. En revanche, le niveau trophique des araignées de mer reste le même au cours de leur vie ³⁹. La quantité de nourriture consommée augmente juste avant la mue et baisse après la mue, et varie également en fonction des saisons ⁴⁰.

L'araignée est prédatrice des espèces benthiques sessiles, mais n'a pas beaucoup de prédateurs dans son milieu naturel ²².

Reproduction

Si en hiver, l'araignée vit plutôt au ralenti et protégé en profondeur, dès le début du printemps, les araignées adultes migrent vers les côtes afin de se reproduire pendant l'été. La majorité des crustacés ne peuvent se reproduire que lorsque les femelles viennent de muer, et que leur carapace est molle ^{25,41-43}. Etant donné que l'araignée a une mue terminale ^{3,9,11,16,17,44}, après laquelle elle acquiert sa maturité sexuelle ^{3,11,16}, alors la reproduction n'a lieu que lorsque la carapace des femelles est dure.

Les mâles peuvent avoir des stratégies de reproduction différentes, ou 'alternative mating strategies'. En effet, certains mâles plus petits évitent la compétition au sein même des zones de reproduction, et peuvent migrer plus tôt pour être les premiers à se reproduire avec les femelles, ou encore intercepter les femelles en cours de migration pour éviter la compétition avec les mâles de taille plus importante ¹⁴.

Chez les Majidés, et chez quelques autres espèces de crustacés, les stratégies de reproduction favorisent le dernier mâle avec qui s'est reproduit la femelle ¹⁴. A chaque événement de reproduction, le sperme du mâle est stocké dans la spermathèque ^{14,15,45}, et la femelle l'utilise au fur et à mesure de la saison pour féconder les œufs.

Ponte

Les femelles incubent les œufs entre 40 et 60 jours après leur fécondation ¹⁰, en fonction de la température du milieu ³⁵. C'est un animal multipare, autrement dit l'araignée femelle produira plusieurs pontes au cours de sa vie. Elle peut également pondre entre 1 et 3 fois à chaque

saison ^{10,35,46}, probablement selon un gradient nord-sud ⁴⁷. Chaque ponte peut contenir près de 500 000 œufs ⁴⁷.

S'il y a multiples pontes, alors la femelle féconde la ponte suivante quelques jours après le relâchement de la précédente ³⁵. Les œufs des pontes suivantes sont de moindre qualité ⁴⁸. Chez d'autres espèces d'araignées de mer comme *Inachus dorsettensis*, les pontes suivant la première sont de meilleure qualité. Certaines espèces comme *Hyas coarctatus* ne pondent qu'une fois par saison de reproduction ⁴⁹.

Vie larvaire

La saison de ponte s'étend de la fin de l'hiver jusqu'à octobre ou novembre où on peut encore observer quelques femelles portant des œufs ¹⁵.

Les œufs sont pondus pendant la nuit, et passeront 2 à 3 semaines à l'état larvaire ^{10,50,51} dans la colonne d'eau, dépendamment de la température de l'eau ⁵⁰. La qualité des œufs, ou leur taux de survie dépend principalement de la taille des femelles ^{48,52-54}. Il a également été noté que les pontes des femelles pluripares s'étant déjà reproduit la saison précédente sont de meilleure qualité ⁴⁵.

Après la libération des œufs dans le milieu, les larves éclosent. Elles subissent 3 mues successives au cours des 2 à 3 semaines de vie larvaire, passant du stade *zoeae I* à *zoeae II* à *megalopa* ⁵⁵⁻⁵⁷ (Figure 2).

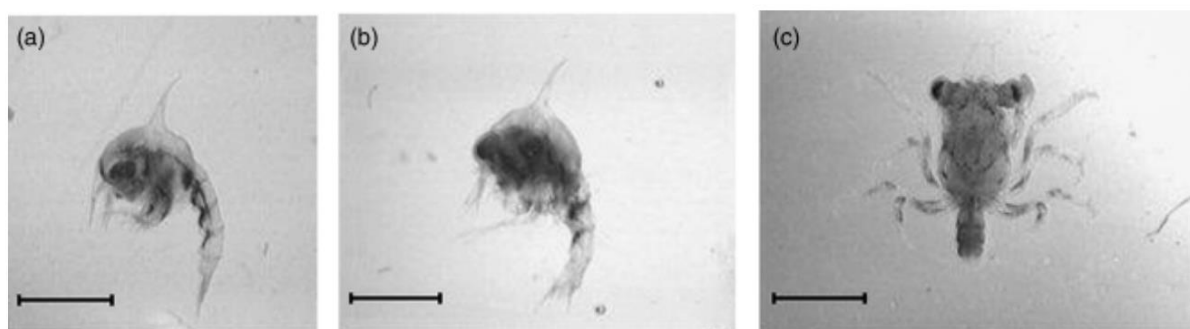


Figure 2 – Photographie des 3 stages larvaires chez *Maja brachydactyla* élevée en aquarium ⁵¹

Les larves apparaissent dans le zooplancton entre début juin et fin juillet, en fonction de la température observée avant la migration vers les côtes ⁵⁸.

Vie juvénile

Après ces 3 mues larvaires, les jeunes araignées subissent une mue de recrutement et sont recrutés dans les milieux protégés comme les champs de laminaire ou les herbiers de zostère. Seuls les fonds vaseux sont défavorables au recrutement des jeunes ⁵⁹.

Le recrutement des juvéniles ne semble pas déterminé par la présence d'adultes sur le milieu. Ils restent protégés dans leur milieu et ne migrent pas pendant cette phase de leur cycle de vie ³⁷.

Habitat : Les juvéniles de *M. brachydactyla* sont retrouvés dans les fonds peu profonds ^{9,60,61}. Ils sont peu mobiles et restent dans des habitats protégés comme les fonds rocheux ⁶⁰, les forêts de laminaires ou encore les herbiers de zostère ¹⁰, laissant à penser que ces habitats jouent le rôle de nurserie pour cette espèce ⁶². Les juvéniles sont en revanche très sédentaires et côtiers ^{9,38,60,62}. Leur couleur peut différer en fonction de la couleur de leur habitat, même si leur régime alimentaire reste le même quel que soit le substrat ⁶⁰.

Alimentation : L'araignée étant un animal opportuniste, les juvéniles se nourrissent probablement des proies qu'ils rencontrent dans leurs milieux. En aquaculture, les juvéniles sont nourris avec des mollusques benthiques comme la moule par exemple ⁶³.

Activité d'ornementation : Les juvéniles ont une forte activité de camouflage et d'ornementation de leur carapace. Ils la recouvrent d'algues qu'ils trouvent dans leurs habitats. Ils peuvent parfois être difficiles à identifier à cause de l'ornementation de leur carapace d'algues ²². Cette activité d'ornementation a pour but le camouflage des juvéniles dans leur milieu (herbiers à zostère ou champs de laminaires). A chaque mue, l'ornementation de leur carapace est renouvelée ^{10,60}, mais réduit au fur et à mesure des mues jusqu'à cesser après la mue terminale ¹⁷.

En résumé :

- Phase larvaire : 3 stades successifs, durée entre 2 et 3 semaines
- recrutement sur le fond dans des habitats côtiers protégés
- Juvéniles : 2 à 3 ans, croissance et mues régulières
- Mue terminale et acquisition de la maturité sexuelle
- Reproduction en été dans les zones côtières
- Incubation des œufs pendant 40 à 60 jours, possibilité de pontes multiples chaque saison

La pêche

Contexte de l'exploitation de l'araignée de mer

Les araignées de mer sont pêchées au filet et au casier ⁶⁴. Les fileyeurs sont responsables de plus d'un quart des débarquements d'araignée de mer, tandis que seuls 15 % des débarquements d'araignée sont issus des caseyeurs ⁶⁵. Ces bateaux font généralement moins de 12 mètres. L'araignée peut également représenter jusqu'à 10% du volume des captures d'un chalut de fond ⁶⁶. Elle est surtout abondante dans les captures au printemps et pendant l'été sur la côte ^{10,61,64,66-72}.

La France est responsable, à elle seule, de plus de 90% des débarquements d'araignée en Europe. L'Irlande et le Royaume-Uni sont les autres principaux pays pêchant l'araignée ^{64,67}. Il existe également une pêche d'araignée de mer en Galice, Espagne pour laquelle le taux d'exploitation atteint 90% ^{16,70}. Cependant, leurs données récentes de débarquement ou les réglementations applicables à cette pêche ne sont pas disponibles dans la littérature.

En France en 2018, 3971 tonnes ont été enregistrées en criée, vendues pour un prix moyen entre 1.29 et 3 €/kg ⁶⁵. 50% des débarquements restent néanmoins invendus. La demande est faible partout en Europe, excepté pour la Bretagne et en Manche-Ouest ¹⁰. Dans les autres régions, elle peut être consommée, mais dans une moindre mesure.

Identification des stocks

La structure génétique géographique est faible, même si on observe une forte variabilité et diversité génétique au sein des populations de *M. brachydactyla* en Europe ⁴⁷. Il existe donc probablement de grandes populations fonctionnelles d'araignées de mer présentant tout de même de fortes divergences génétiques ³⁸, et donc des stocks d'une taille importante.

Dans les évaluations des stocks en Europe, il n'est pas fait mention de l'identité des stocks. De plus, seuls les débarquements en zone CIEM VIIe font l'objet d'un paragraphe dans le rapport du groupe de travail du CIEM ^{64,66,68}, sans faire mention pour autant de la structure des populations d'araignée de mer qui constituent cette zone, ni apporter un diagnostic de cette pêche.

Evaluation et gestion dans les principaux pays exploitants

Le WGCRAAB n'a pas encore appliqué de modèle d'évaluation de stock pour les stocks Européens d'araignée de mer ^{64,66,68}. Il n'existe pas encore de modèles ou d'évaluation disponibles pour cette espèce. De plus, la plupart des modèles nécessitent des données de capture aux âges ou de capture par taille. Le fait que l'araignée de mer présente une mue terminale complique les analyses, surtout dans un contexte pauvre en données. Du fait de sa mue terminale, il est impossible de déterminer l'âge d'une araignée de mer adulte via sa taille : l'élaboration de clés taille-âge n'a pas de sens pour un animal qui ne grandit plus après son recrutement dans la pêcherie. Quelques techniques d'estimation de l'âge existent mais sont trop incertaines ²¹, ou n'ont pas encore été mises en œuvre ^{19,20} sur cette espèce de crustacés qui présente moins d'enjeux.

Table 2 – Principales mesures de gestion pour l’araignée de mer en France et en Europe

Attention, ce tableau est établi pour la situation en 2020, et n’a qu’un but informatif. Merci de vous référer aux arrêtés les plus récents, disponibles auprès des comités régionaux des pêches de votre région pour la réglementation en vigueur.

	France			Angleterre & Pays de Galle	Irlande	Jersey
	Bretagne	Normandie	Hauts-de-France			
Zone CIEM	VIIe	VIIId-e	IVc & VIIId	VIIa,d-f & IVc	VIIa	VIIe
Dernière évaluation disponible						
Derniers débarquements disponibles	3971 tonnes ⁶⁵			38 tonnes (2015) ⁶⁴	190 tonnes ⁶⁴	289 tonnes ⁷³
Licences	781 (dont 428 ‘Canot’) ^{74,75}	112 en Manche Ouest 80 en Manche Est ^{76,77}	200 pêche accessoire 11 pêche ciblée ⁷⁸	OUI : licence de pêche pas spécifique du métier ⁸⁰		OUI ⁶⁸
Ayant valeur d’AEP	220 + 150 ^{74,75}	OUI ^{76,77}	OUI ⁷⁸			
Limite de puissance ou taille de bateau	<12m, <13.5 m aux Glénans ^{74,75}	NON		En fonction des régions ⁶⁴	NON ⁶⁴	En fonction des zones ⁶⁴
Saison et jours de fermeture	Fermetures saisonnières dans certaines zones ^{74,75}	Fermeture du 01/09 au 15/10 pour la zone de la Baie de Granville ⁷⁷	Fermé le dimanche et les jours fériés et du 01/09 au 15/10 ⁷⁸	NON ⁶⁴	NON ⁶⁴	Fermeture du 01/09 au 15/10 ⁸¹
Zone de pêche	11 zones de cantonnement ^{74,75}	5 zones de cantonnement Manche Ouest ⁷⁷	Délimitée ⁷⁸			

Maja brachydactyla – Projet MECANOR²

Nombre de casier	250 – 300 / homme ou 1000 - 1200 par navire ^{74,75}	Contingentés en Manche Ouest/Manche Est ^{82,83}	150 par homme en pêche ciblée 75 par homme en pêche accessoire ⁷⁸			
Casiers pièges	Autorisés en Ile & Vilaine Expérimentation de casiers à entrées latérales ^{74,75}	Autorisés en partie, limite de 50% du nombre total de casier + contingent ^{76,77,82,83}	Autorisés ⁷⁸			
Marques pour casier	OUI ⁷⁴⁻⁷⁸			OUI ⁶⁴	NON ⁶⁴	OUI ⁶⁴
Taille limite de capture	120 mm ⁸⁴			120 mm ♀ 130 mm ♂ ⁶⁴	125 mm ♀ 130 mm ♂ ⁶⁴	120 mm ⁶⁴
Limite de débarquement par jour	10 % capture accessoire (engin trainant) ^{74,75}	10 % en capture accessoire (engin trainant) ^{76,77}	150 kg en licence pêche ciblée 75 kg en licence pêche accessoire ⁷⁸			
Règlementation spécifique aux pinces	Interdit pour les araignées ^{74,75}	Interdit ^{76,77}	Interdit pour les araignées ⁷⁸			1% du volume des captures ⁸¹
Règlementation araignées claires	Débarquement interdit ^{74,75}	Débarquement interdit ^{76,77}				

Pêche récréative de l'araignée de mer en France

Table 3 – Principales mesures de gestion de la pêche récréative de l'araignée de mer

Bretagne	Normandie	Hauts-de-France
- 120 mm ⁸⁵ - 6 araignées par jour par personne ⁸⁶	- 120 mm ⁸⁵ - 10 araignées par jour par personne - Zones interdites au casier - casiers pièges interdits - casier soumis à autorisation ⁸⁷	- 120 mm ⁸⁵

Bibliographie

1. Neumann, V. A Review of the *Maja squinado* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) Species-complex with a Key to the Eastern Atlantic and Mediterranean Species of the Genus. *Journal of Natural History* vol. 32 1667–1684 (1998).
2. Sotelo, G., Morán, P. & Posada, D. Molecular Phylogeny and Biogeographic History of the European *Maja* Spider Crabs (Decapoda, Majidae). *Mol. Phylogenet. Evol.* **53**, 314–319 (2009).
3. Corgos, A. & Freire, J. Morphometric and Gonad Maturity in the Spider Crab *Maja brachydactyla*: a Comparison of Methods for Estimating Size at Maturity in Species with Determinate Growth. in *ICES Journal of Marine Science* vol. 63 851–859 (Oxford Academic, 2006).
4. Guerao, G. & Rotllant, G. Post-larval development and sexual dimorphism of the spider crab *Maja brachydactyla* (Brachyura: Majidae). *Sci. Mar.* **73**, 797–808 (2009).
5. Sohier, S., Petit de Voize, P. & Noël, P. *Maja brachydactyla* | DORIS. *DORIS* <https://doris.ffesmm.fr/Especies/Maja-brachydactyla-Araignee-de-mer-Atlantique-857> (2016).
6. Guerao, G., Rotllant, G., Gisbert, E., Uyà, M. & Cardona, L. Consistent Habitat Segregation between Sexes in the Spider Crabs *Maja brachydactyla* and *Maja squinado* (Brachyura), as Revealed by Stable Isotopes. *Sci. Mar.* **0**, (2011).
7. Carlisle, D. B. On the hormonal inhibition of moulting in decapod Crustacea II. The terminal anecdysis in crabs. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **36**, 291–307 (1957).
8. Wainwright, G., Webster, S. G., Wilkinsoit, M. C., Chung, J. S. & Rees, H. H. Structure and significance of mandibular organ-inhibiting hormone in the crab, *Cancer pagurus*: Involvement in multihormonal regulation of growth and reproduction. *J. Biol. Chem.* **271**, 12749–12754 (1996).
9. Hines, A. H., Wolcott, T. G., González-Gurriarán, E., González-Escalante, J. L. & Freire, J. Movement Patterns and Migrations in Crabs: Telemetry of Juvenile and Adult Behaviour in *Callinectes Sapidus* and *Maja Squinado*. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **75**, 27–42 (1995).
10. Le Foll, D. Biologie et Exploitation de l'Araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche Ouest. (1993).

11. Corgos, A. & Freire, J. Sex and size patterns in the moult cycle of a shallow water population of the spider crab *Maja brachydactyla* in the Ría de A Coruña (NW Spain). *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* (2007).
12. Andrés, M., Estévez, A., Anger, K. & Rotllant, G. Developmental Patterns of Larval Growth in the Edible Spider Crab, *Maja brachydactyla* (Decapoda: Majidae). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **357**, 35–40 (2008).
13. Freire, J., González-Gurriarán, E., Corgos, A. & Sampedro, M. P. Growth at Moulting, Intermoult Period, and Moulting Seasonality of the Spider Crab *Maja Brachydactyla*: Combining Information from Mark-Recapture and Experimental Studies. *J. Crustac. Biol.* **27**, 255–262 (2007).
14. Corgos, A., Verísimo, P. & Freire, J. Timing and Seasonality of the Terminal Molt and Mating Migration in the Spider Crab *Maja Brachydactyla*: Evidence of Alternative Mating Strategies. *J. Shellfish Res.* **25**, 577–587 (2006).
15. González-Gurriarán, E., Fernández, L., Freire, J., Muíño, R. & Parapar, J. Reproduction of the Spider Crab *Maja squinado* (Brachyura: Majidae) in the Southern Galician coast (NW Spain). in *ICES, Shellfish Committee* 15 (1993).
16. Sampedro, M. P., González-Gurriarán, E., Freire, J. & Muíño, R. Morphometry and Sexual Maturity in the Spider Crab *Maja Squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. *J. Crustac. Biol.* **19**, 578–592 (1999).
17. Fernández, L., Parapar, J., González-Gurriarán, E. & Muíño, R. Epibiosis and Ornamental Cover Patterns of the Spider Crab *Maja squinado* on the Galician coast, Northwestern Spain: Influence of Behavioral and Ecological Characteristics of the Host. *J. Crustac. Biol.* **18**, 728–737 (1998).
18. Guerao, G., Rotllant, G., Gisbert, E., Uyà, M. & Cardona, L. Segregación Sexual del Hábitat en los Centollos *Maja brachydactyla* y *Maja squinado* (Brachyura) Revelada Mediante Isótopos Estables. *Sci. Mar.* **80**, 103–110 (2016).
19. Sheehy, M. R. J., Bannister, R. C. A., Wickins, J. F. & Shelton, P. M. J. New perspectives on the growth and longevity of the European lobster (*Homarus gammarus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**, 1904–1915 (1999).
20. Sheehy, M., Shelton, P., Wickins, J., Belchier, M. & Gatlen, E. Ageing the European lobster *Homarus gammarus* by the lipofuscin in its eyestalk ganglia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **143**, 99–111 (1996).

21. Véron, G. & Huet, J. La pêche du Buccin sur la côte Ouest-Cotentin - Éléments de Biologie. (1980).
22. Stevcic, Z. Relations interspécifiques de l'Araignée de mer. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* **19**, 147–149 (1968).
23. Foll, D. Le, Brichet, E., Reyss, J. L., Lalou, C. & Latrouite, D. Age Determination of the Spider Crab *Maja squinado* and the European Lobster *Homarus gammarus* by 228 Th/ 228 Ra Chronology: Possible Extension to Other Crustaceans. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **46**, 720–724 (1989).
24. Lasker, R. Feeding, Growth, Respiration, and Carbon Utilization of a Euphausiid Crustacean. *J. Fish. Res. Board Canada* **23**, 1291–1317 (1966).
25. Relini, L. O., Zamboni, A., Fiorentino, F. & Massi, D. Reproductive patterns in Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.), (Crustacea Decapoda Nephropidae) of different Mediterranean areas. *Sci. Mar.* **62**, 25–41 (1998).
26. Castejón, D., Rotllant, G., Giménez, L., Torres, G. & Guerao, G. The Effects of Temperature and Salinity on the Survival, Growth and Duration of the Larval Development of the Common Spider Crab *Maja brachydactyla* (Balss, 1922) (Brachyura: Majidae). *J. Shellfish Res.* **34**, 1073–1083 (2015).
27. Ziegler, P. E., Haddon, M., Frusher, S. D. & Johnson, C. R. Modelling seasonal catchability of the southern rock lobster *Jasus edwardsii* by water temperature, moulting, and mating. *Mar. Biol.* **145**, 179–190 (2004).
28. Latrouite, D., Léglise, M. & Raguenés, G. Données sur la Reproduction et la Taille de Première Maturité du Homard *Homarus gammarus* d'Iroise et du Golfe de Gascogne. (1981).
29. Pervaiz, P. A., Sudan, M. & Manohar, S. Studies on the Effect of Photoperiodism and Temperature on Moulting of a Freshwater Prawn *Macrobrachium dayanum*. (2015).
30. Westin, L. & Gydemo, R. Influence of light and temperature on reproduction and moulting frequency of the crayfish, *Astacus astacus* L. *Aquaculture* **52**, 43–50 (1986).
31. Bliss, D. E. & Boyer, J. R. Environmental regulation of growth in the decapod crustacean *Gecarcinus lateralis*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **4**, 15–41 (1964).
32. Chang, Y. J., Sun, C. L., Chen, Y. & Yeh, S. Z. Modelling the growth of crustacean species. *Rev. Fish Biol. Fish.* **22**, 157–187 (2012).

33. Miller, R. J. & Watson, J. Growth Per Molt and Limb Regeneration in the Spider Crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Fish. Res. Board Canada* **33**, 1644–1649 (1976).
34. Frederich, M., DeWachter, B., Sartoris, F. J. & Portner, H. O. Cold Tolerance and the Regulation of Cardiac Performance and Hemolymph Distribution in *Maja squinado* (Crustacea: Decapoda). *Physiol. Biochem. Zool.* **73**, 406–415 (2000).
35. De Kergariou, G. L'Araignée de Mer *Maia squinado* L. sur le Littoral de Bretagne. *Bull. Institutionnel des Pêches Marit.* **205**, (1971).
36. Bernárdez, C., Freire, J. & González-Gurriarán, E. Migratory Patterns of Female Spider Crabs *Maja Squinado* Detected Using Electronic Tags and Telemetry. *J. Crustac. Biol.* **22**, 91–97 (2002).
37. Corgos, A., Sánchez, N. & Freire, J. Dynamics of the Small-Scale Spatial Structure of a Population of the Spider Crab *Maja brachydactyla* (Decapoda: Majidae). *J. Shellfish Res.* **29**, 25–36 (2010).
38. Bernardez, C. *et al.* Spatial structure of the spider crab, *Maja brachydactyla* population: Evidence of metapopulation structure. *Artic. J. Sea Res.* (2011) doi:10.1016/j.seares.2011.04.011.
39. Bodin, N. *et al.* Variability of stable isotope signatures ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in two spider crab populations (*Maja brachydactyla*) in Western Europe. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **343**, 149–157 (2007).
40. Bernárdez, C., Freire, J. & González-Gurriarán, E. Feeding of the spider crab *Maja squinado* in rocky subtidal areas of the Ria de Arousa (north-west Spain). *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **80**, 95–102 (2000).
41. Tallack, S. M. L. The reproductive cycle and size at maturity observed in *Cancer pagurus* in the Shetland Islands, Scotland. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **87**, 1181–1189 (2007).
42. Quackenbush, L. S. Lobster Reproduction: A Review. *Crustaceana* vol. 67 82–94.
43. MacDiarmid, A. B. Moulting and reproduction of the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae) in northern New Zealand. *Mar. Biol.* **103**, 303–310 (1989).
44. Smith, K. E. & Thatje, S. Nurse Egg Consumption and Intracapsular Development in the Common Whelk *Buccinum undatum* (Linnaeus 1758). *Helgol. Mar. Res.* **67**, 109–120 (2013).

45. González-Gurriarán, E., Fernández, L., Freire, J. & Muiño, R. Mating and Role of Seminal Receptacles in the Reproductive Biology of the Spider Crab *Maja squinado* (Decapoda, Majidae). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **220**, 269–285 (1998).
46. Hartnoll, R. G. The Biology of Spider Crabs: A Comparison of British and Jamaican Species. *Crustaceana* vol. 9 1–16 (1965).
47. Sotelo, G., Morán, P., Fernández, L. & Posada, D. Genetic variation of the spiny spider crab *Maja brachydactyla* in the northeastern Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **362**, 211–223 (2008).
48. Verisimo, P. *et al.* Changes between consecutive broods in the fecundity of the spider crab, *Maja brachydactyla*. *ICES J. Mar. Sci.* **68**, 472–478 (2011).
49. Bryant, A. D. & Hartnoll, R. G. Reproductive investment in two spider crabs with different breeding strategies. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **188**, 261–275 (1995).
50. Guerao, G., Rotllant, G. & Anger, K. Characterization of Larval Moulting cycles in *Maja brachydactyla* (Brachyura, Majidae) Reared in the Laboratory. *Aquaculture* **302**, 106–111 (2010).
51. Palma, J., Correia, M. & Andrade, J. P. Usefulness of flat bottom tanks on the settlement of spider crab (*Maja squinado*, Herbst) larvae. *Aquac. Res.* **39**, 1005–1008 (2008).
52. Clarke, A. Reproductive Trade-Offs in Caridean Shrimps. *Funct. Ecol.* **7**, 411 (1993).
53. Hines, A. H. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Mar. Biol.* **69**, 309–320 (1982).
54. Haynes, E., Karinen, J. F., Watson, J. & Hopson, D. J. Relation of Number of Eggs and Egg Length to Carapace Width in the Brachyuran Crabs *Chionoecetes bairdi* and *C. opilio* from the Southeastern Bering Sea and *C. opilio* from the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board Canada* **33**, 2592–2595 (1976).
55. Clark, P. F. The Larval Stages of *Maja squinado* (Herbst, 1788) (Crustacea: Brachyura: Majidae) Reared in the Laboratory. *J. Nat. Hist.* **20**, 825–836 (1986).
56. Lebour, M. V. The Larval Stages of the Plymouth Brachyura. *Proc. Zool. Soc. London* **98**, 473–560 (2009).

57. Lebour, M. V. Studies of the Plymouth brachyura. I. The rearing of crabs in captivity; with a description of the larval stages of *Inachus dorsettensis*, *Macropodia longirostris* and *Maia squinado*. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* (1927).
58. Martin, J. & Planque, B. Variability in the Onset of Hatching of *Maja brachydactyla* balss, 1922 (brachyura: Majidae) in the English Channel in Relation to Sea Temperature. *Invertebr. Reprod. Dev.* **49**, 143–150 (2006).
59. Castejón, D., Rotllant, G. & Guerao, G. Factors influencing successful settlement and metamorphosis of the common spider crab *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Brachyura: Majidae): Impacts of larval density, adult exudates and different substrates. *Aquaculture* **501**, 374–381 (2019).
60. Freire, J., Carabel, S., Verísimo, P., Bernádez, C. & Fernández, L. Patterns of Juvenile Habitat Use by the Spider Crab *Maja brachydactyla* as Revealed by Stable Isotope Analyses. *Sci. Mar.* **73**, 39–49 (2009).
61. Freire Botana, J. M., Fernández Rodríguez, L. J. & González Gurriarán, E. Interactions of the fishery of the spider crab *Maja squinado* with mating, reproductive biology and migrations. (1998).
62. Pallas, A., Garcia-Calvo, B., Corgos, A., Bernardez, C. & Freire, J. Distribution and Habitat use Patterns of Benthic Decapod Crustaceans in shallow waters: a Comparative Approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **324**, 173–184 (2006).
63. Domingues, P., Alaminos, J., García-Garrido, S., Hachero-Cruzado, I. & Rosas, C. Growth and survival of juvenile spider crabs, *Maja brachydactyla* (Balss, 1922), fed with fresh or frozen mussels. *Aquac. Res.* **43**, 167–177 (2012).
64. ICES. Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB). www.ices.dk (2016).
65. FranceAgriMer. Données de vente déclarées en halles à marée en 2018. (2019).
66. ICES. Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB). (2012).
67. Fahy, E. & Carroll, J. Vulnerability of Male Spider Crab *Maja brachydactyla* (Brachyura: Majidae) to a Pot Fishery in South-West Ireland. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* **89**, 1353–1366 (2009).

68. ICES. Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB. (2010).
69. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations for a world without hunger Fisheries and Aquaculture Department Diagnostic Features Geographical Distribution FAO Fisheries and Aquaculture Department.
70. Freire, J. *et al.* Management strategies for sustainable invertebrate fisheries in coastal ecosystems of Galicia (NW Spain). *Aquat. Ecol.* **36**, 41–50 (2002).
71. Freire, J. & García-Allut, A. Socioeconomic and biological causes of management failures in European artisanal fisheries: The case of Galicia (NW Spain). *Mar. Policy* **24**, 375–384 (2000).
72. Bannister, R. *et al.* Study Group on the Biology and Life History of Crabs. (1998).
73. Government of Jersey. *Marine Ressource Annual Report*. (2018).
74. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne. 2020-002 Délibération 'Crustacés-CRPM-A' du 08 avril 2020 fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche pour les navires pêchant les crustacés à l'exception des langoustines, des pouces-pieds et des crevettes grises dans les eaux sous souvera. (2020).
75. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne. 2020-004 007 Délibération 'Crustacés-CRPM-B' du 13 mai 2020 fixant le contingent et les conditions particulières d'exercice de la pêche aux crustacés à l'exception des langoustines, des pouces-pieds et des crevettes grises dans les eaux relevant de la ci. (2020).
76. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°175/2019 rendant obligatoire la délibération n°2019/29 CRUME19 du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale - ecteur Manche et Calvados. (2019).
77. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°174/2019 rendant obligatoire la délibération n°2019/28CRUMW23 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (Vlle). (2019).
78. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Hauts-de-France. Arrêté n°23/2020 rendant obligatoire la délibération n°11/2020 du comité régional des pêches

maritimes et des élevages marins (CRPMEM) des Hauts-de-France relative à la fixation de mesures techniques pour la pêche du homard, de l'araignée de mer, du tourteau. (2020).

79. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Hauts-de-France. Licence/AEP Crustacés - Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) Hauts de France. <https://www.comitedespeches-hautsdefrance.fr/crpmem-pro/accueil-crpmem-pro/peche-embarquee/licence/licenceaep-crustaces/> (2019).

80. Gouvernement of UK. Fishing vessel licence requirements - GOV.UK. <https://www.gov.uk/guidance/do-i-need-a-fishing-vessel-licence>.

81. Andersens, H. C. Interim Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs International Council for the Exploration of the Sea Conseil International pour l'Exploration de la Mer. www.ices.dk (2017).

82. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°59/2020 rendant obligatoire l'avenant n°1 à la délibération maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Ouest (VIIe). 4 (2020).

83. Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Normandie. Arrêté n°60/2020 rendant obligatoire l'avenant n°1 à la délibération n°2019/29 CRUME19 du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Normandie portant sur l'organisation de la pêche des crustacés en Manche Est Occidentale - secteur Man. 4 (2020).

84. DPMA. Arrêté du 28 janvier 2013 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture et de débarquement des poissons et autres organismes marins pour la pêche professionnelle. (2018).

85. Ministre délégué auprès de la ministre de l'écologie du développement durable et de l'énergie chargé des transports et de la pêche. Arrêté du 26 octobre 2012 déterminant la taille minimale de capture des poissons et autres organismes marins (pour une espèce donnée ou une zone géographique donnée) effectuée dans le cadre de la pêche maritime de loisir. (2020).

86. Règlementation officielle 2019 pêche de loisirs. <https://www.crozon-bretagne.com/mer/peche/reglementation.php>.

87. Préfecture de la région Haute Normandie. Arrêté n°72/2013 modifiant l'arrêté préfectoral n°127/2008 du 26 août 2008 réglementant l'exercice de la pêche maritime de loisir pratiquée à pied, à la nage ou sous-marine dans le département de la Manche. (2013).

Annexe 2 - Calendrier des réunions de présentation du projet ou des résultats du projet MECANOR²

28/08/2020 - Commission Coquillages CRPMEM Hauts-de-France (Boulogne-sur-Mer)

03/09/2020 - Commission Crustacés CNPMEM (visio)

17/09/2020 - Présentation MECANOR² au FROM Nord (Boulogne-sur-Mer)

16/11/2020 - Présentation MECANOR² au CRPMEM Bretagne et aux CDPMEM bretons (visio)

25/03/2021 - Commission Bulot CRPMEM Hauts-de-France (Boulogne-sur-Mer)

06/01/2022 - Commission Bulot CRPMEM Normandie (Dieppe)

22/06/2022 - Whelk Symposium - Blue Marine Foundation (visio)

15/11/2022 - Commission Coquillages CNPMEM (visio)

24/09/2022 - Commission Crustacés CNPMEM (Paris)

12/01/2023 - Restitution aux professionnels des Hauts-de-France (Boulogne-sur-Mer)

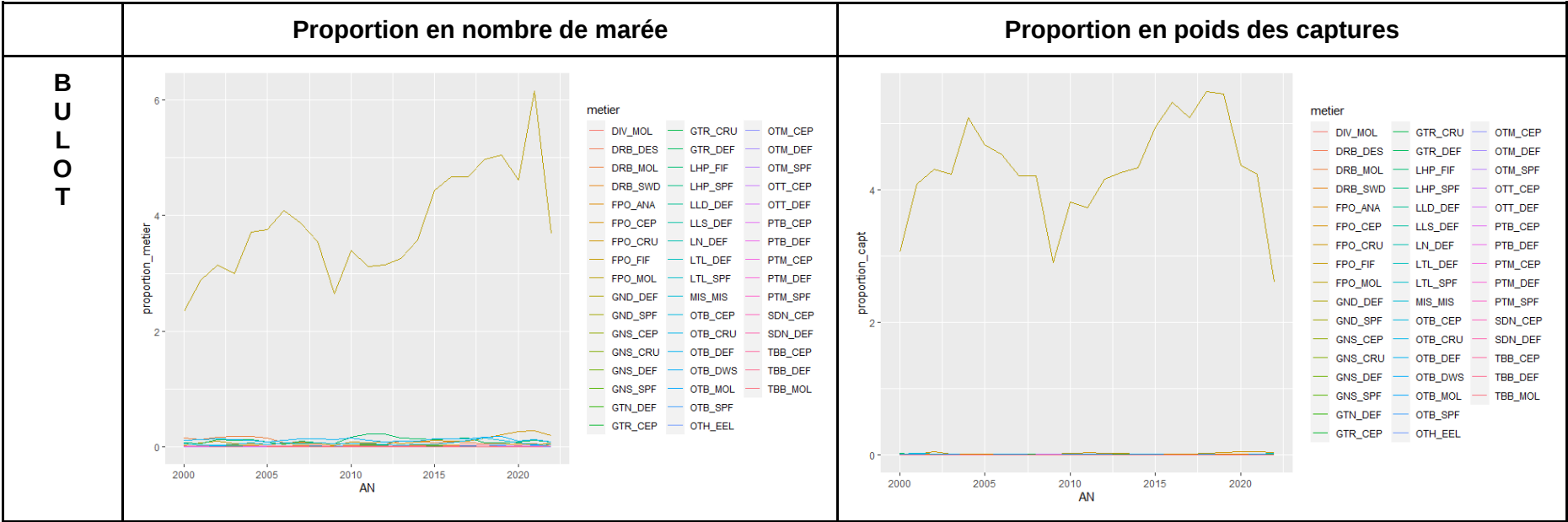
13/01/2023 - Restitution aux professionnels de Seine Maritime (Dieppe)

20/01/2023 - Restitution aux professionnels de Baie de Seine (Port-en-Bessin)

Les fichiers pdf des présentations surlignées en jaune sont disponibles sur simple demande à l'adresse suivante :

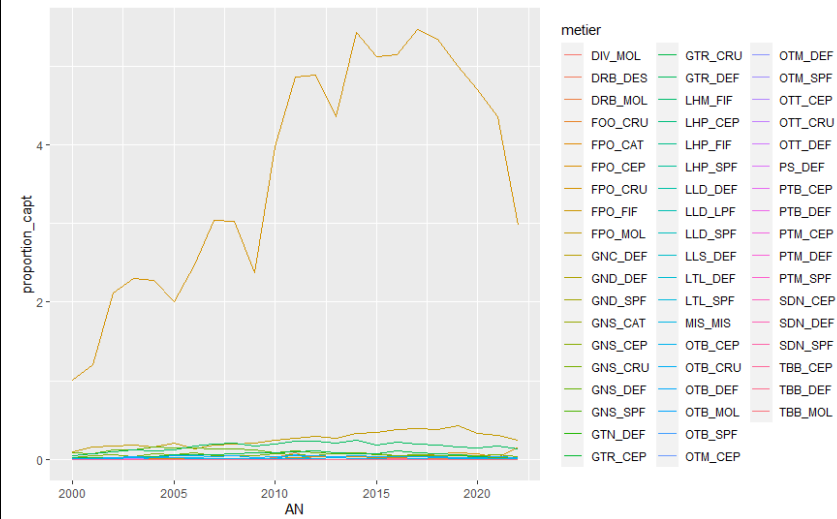
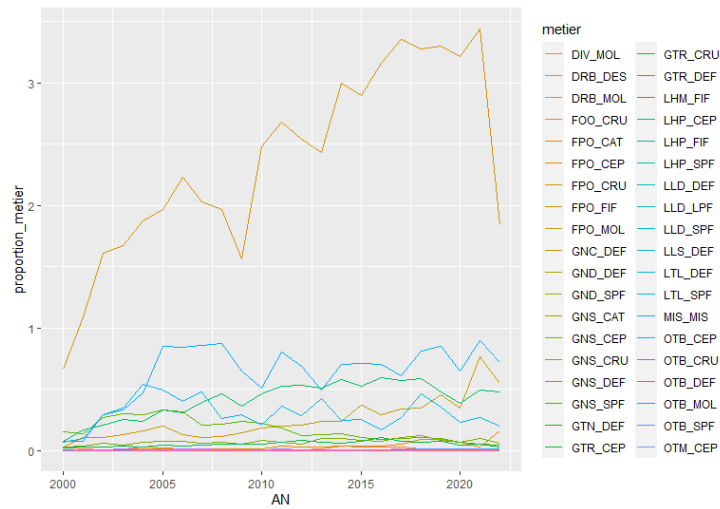
crpm@copeche.org

Annexe 3 - Proportion des métiers déclarant des captures de bulot, homard, tourteaux ou araignées en Manche Mer du Nord (zones CIEM VIIIE, VIID et IVC) entre 2000 et 2021

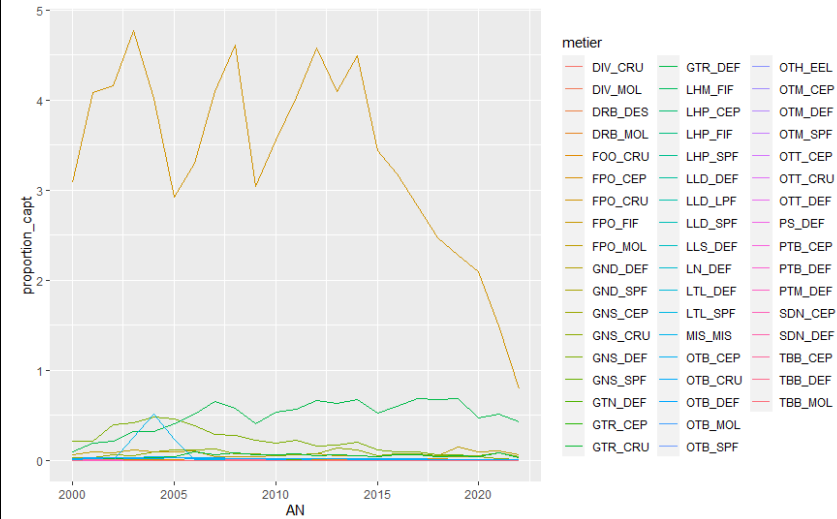
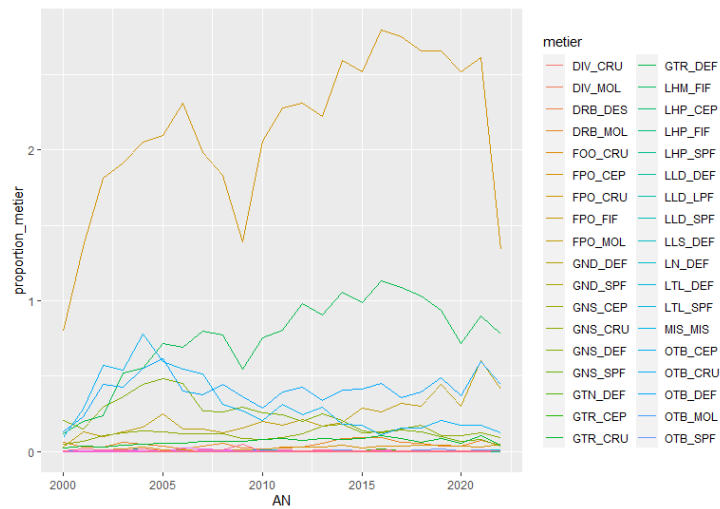


Projet MECANOR² - Annexes

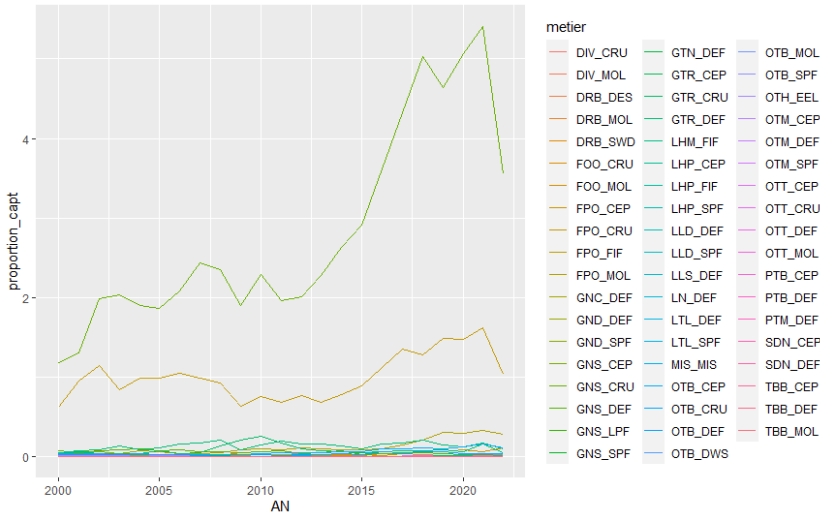
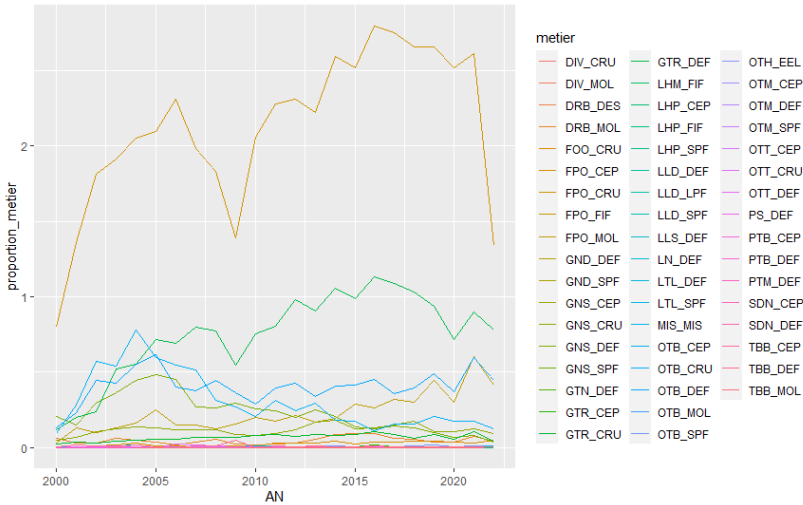
HOMARD



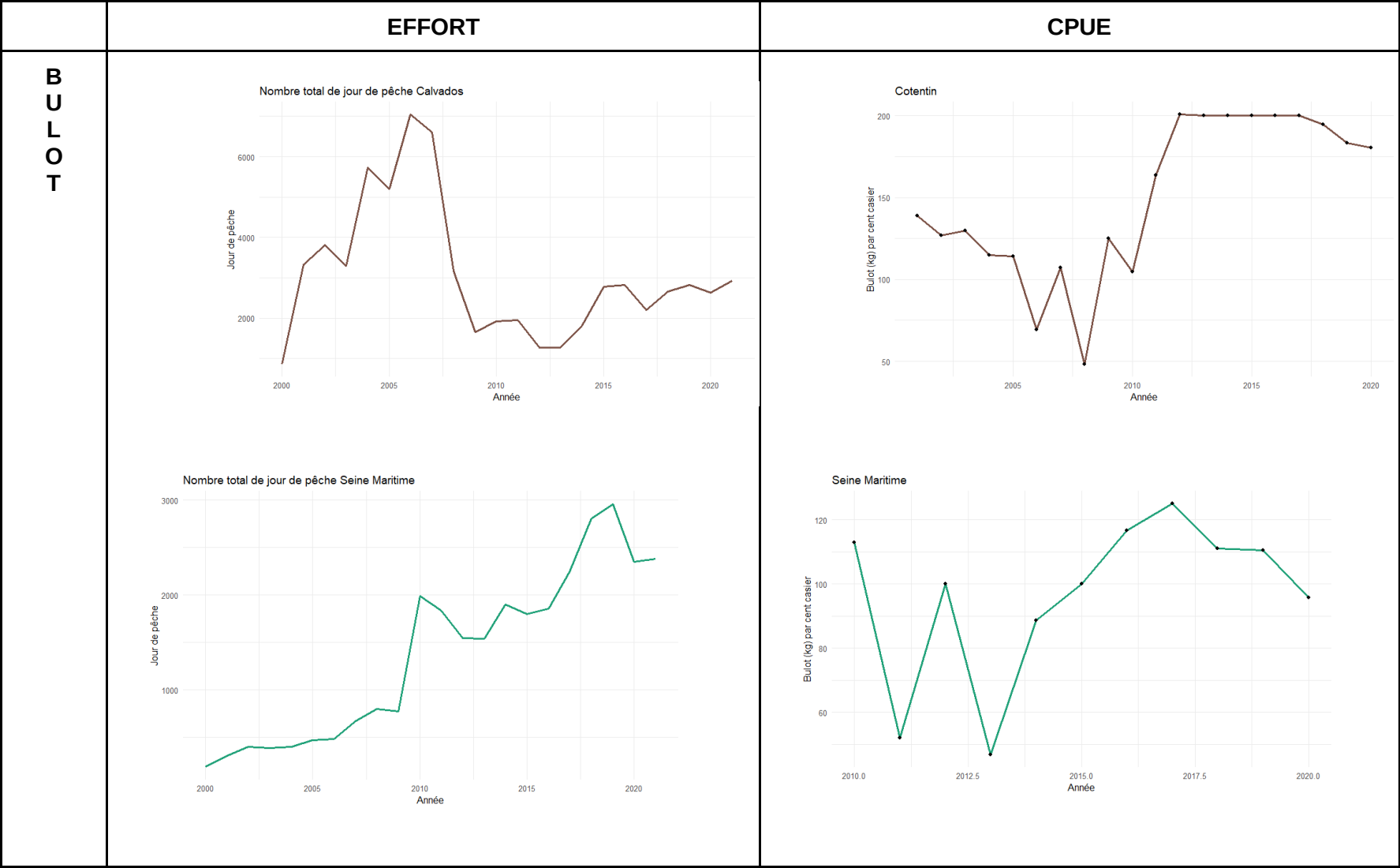
TOURTEAU

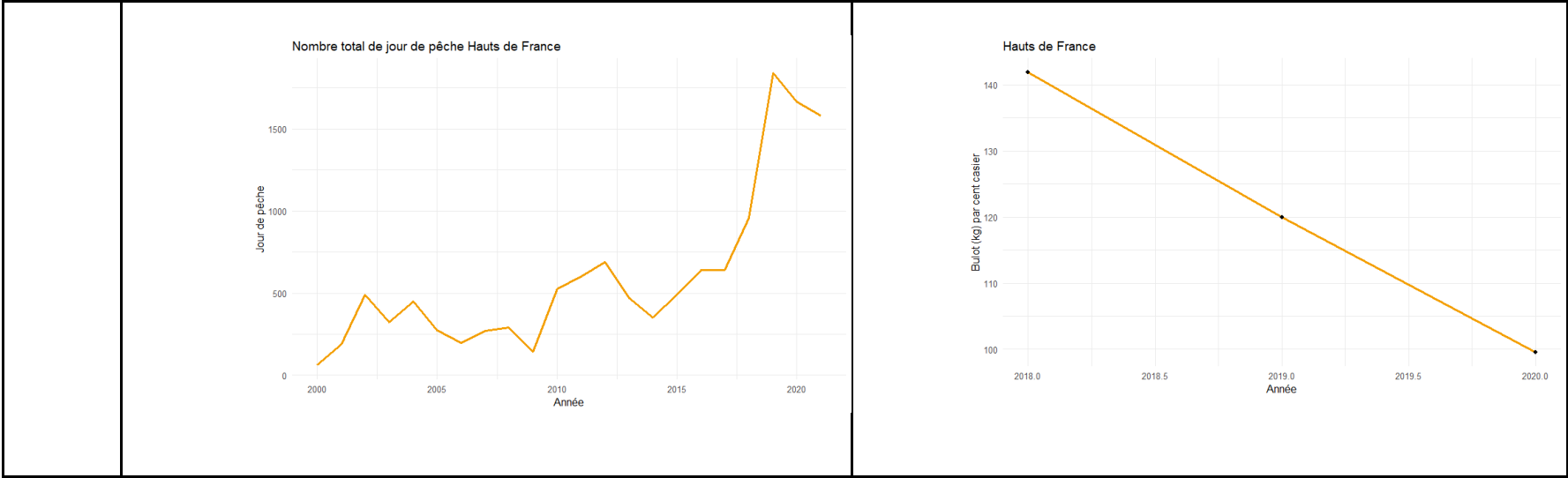


A
R
A
I
G
N
E

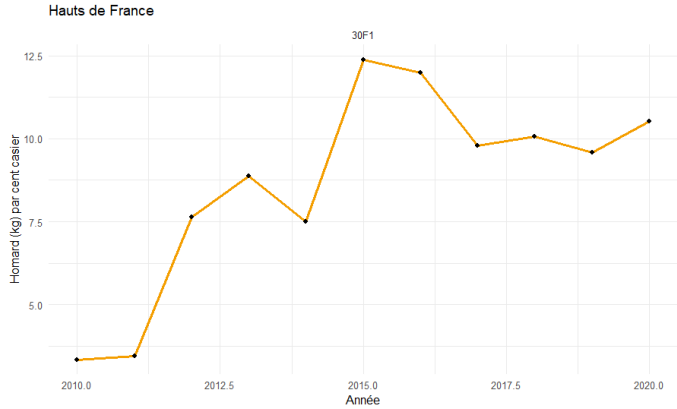
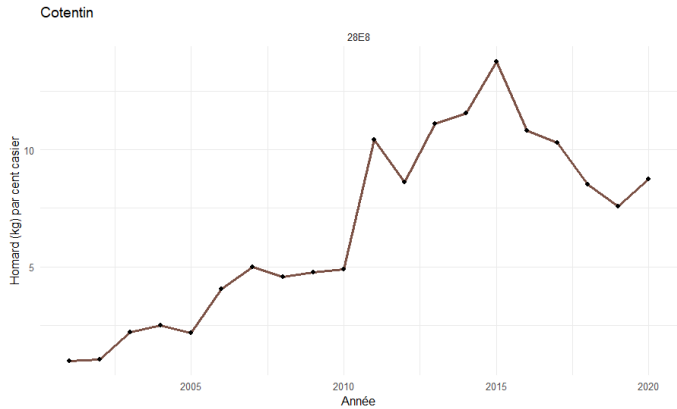
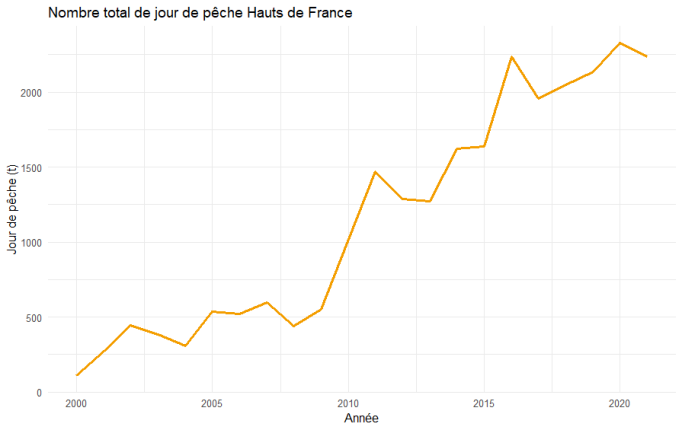
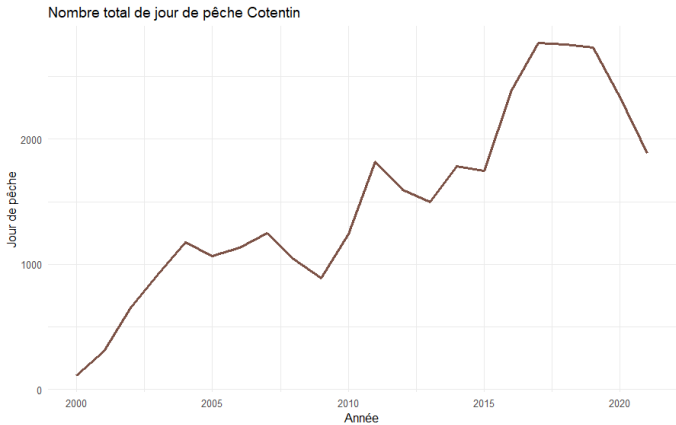


Annexe 4 - Calcul de l'effort de pêche et des CPUE grâce aux données SACROIS

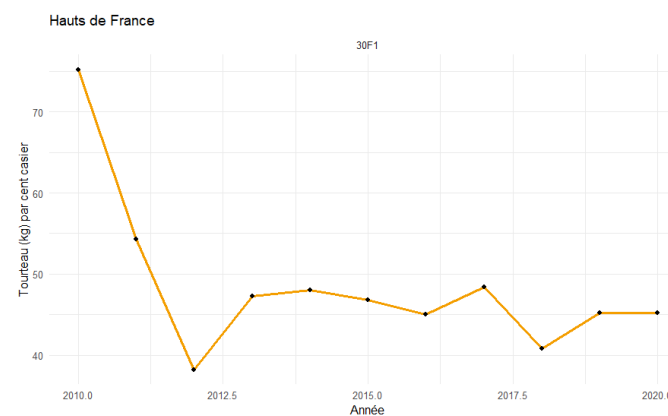
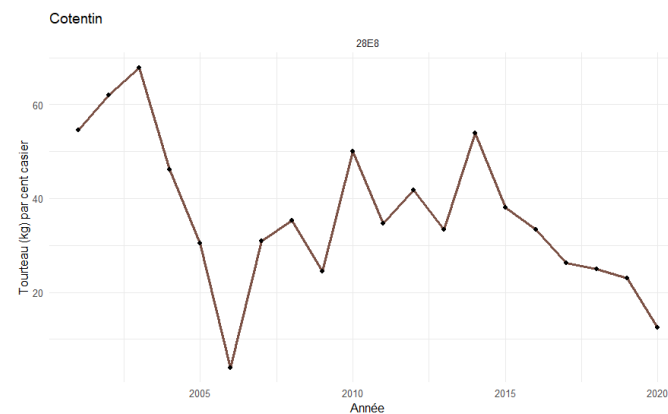
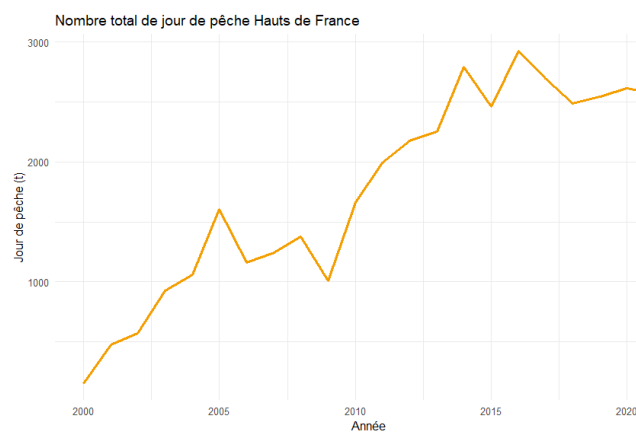
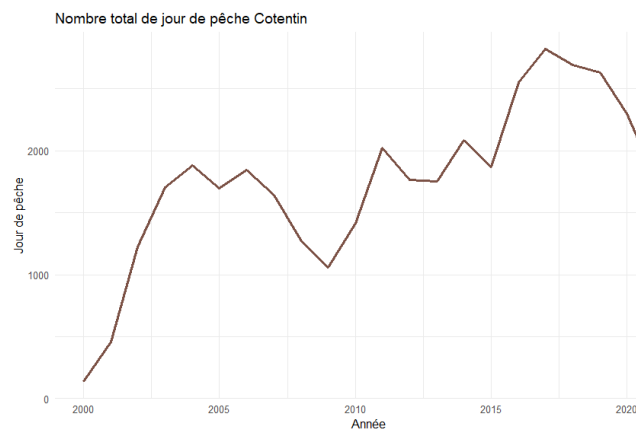




H
O
M
A
R
D

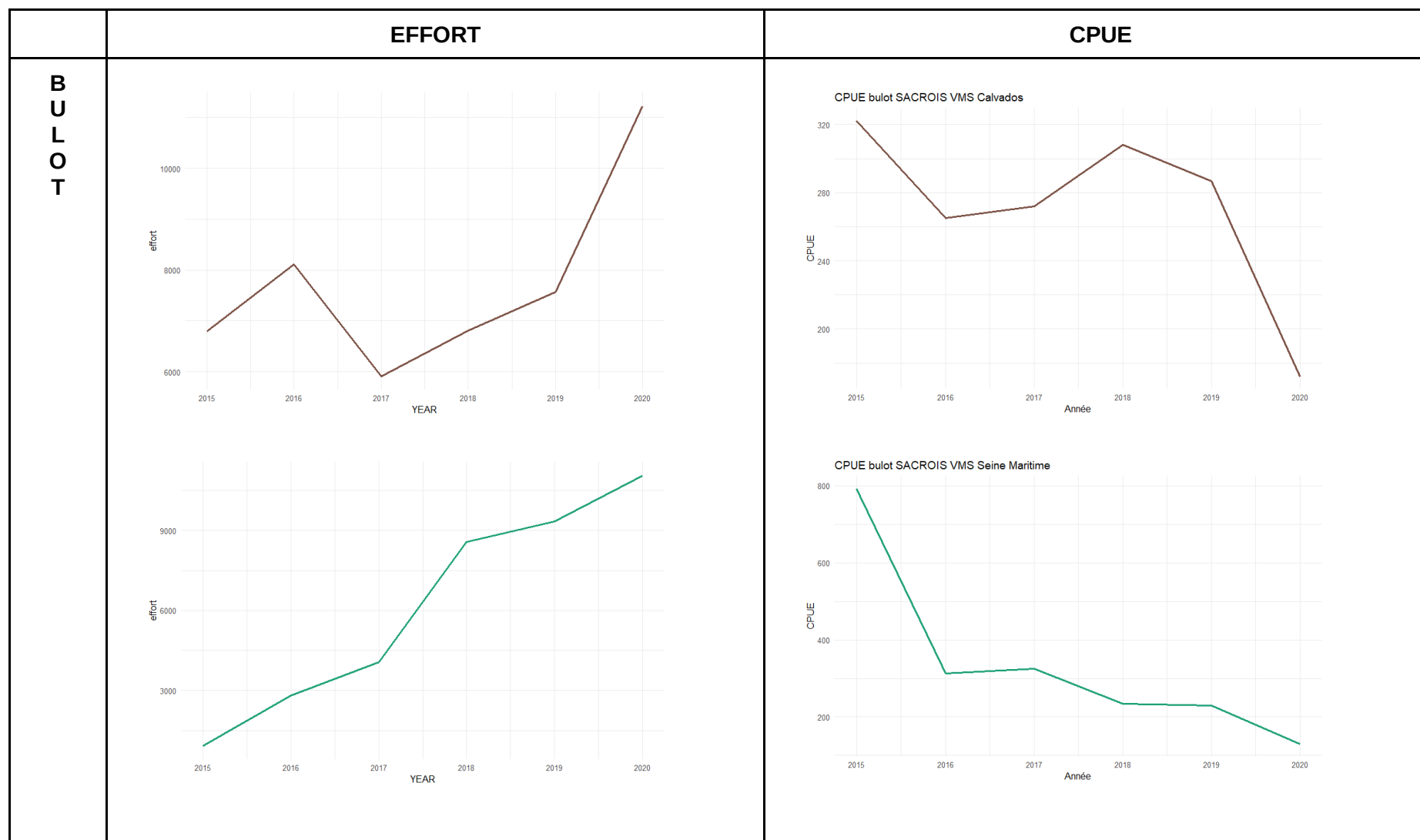


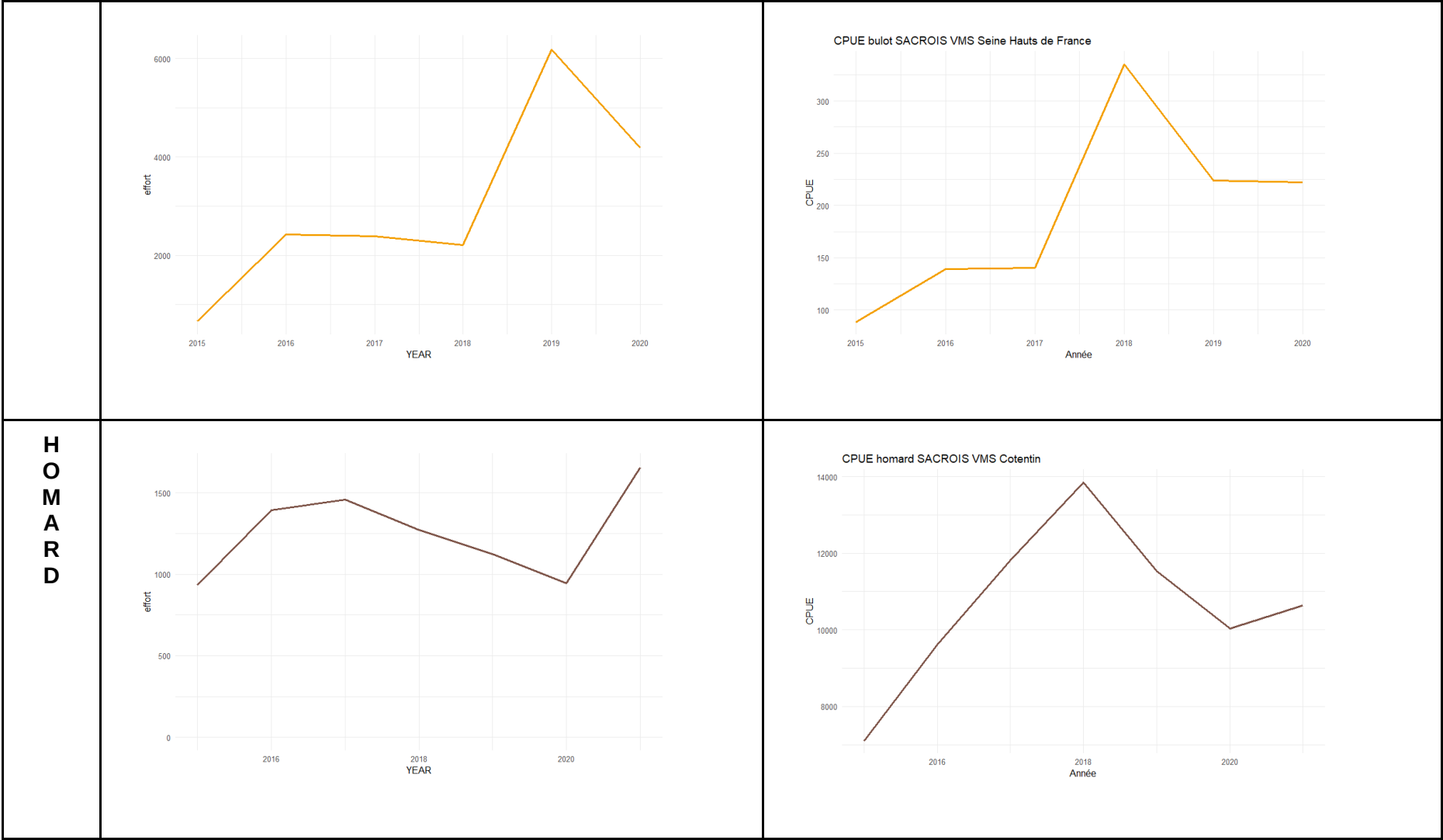
**T
O
U
R
T
E
A
U**



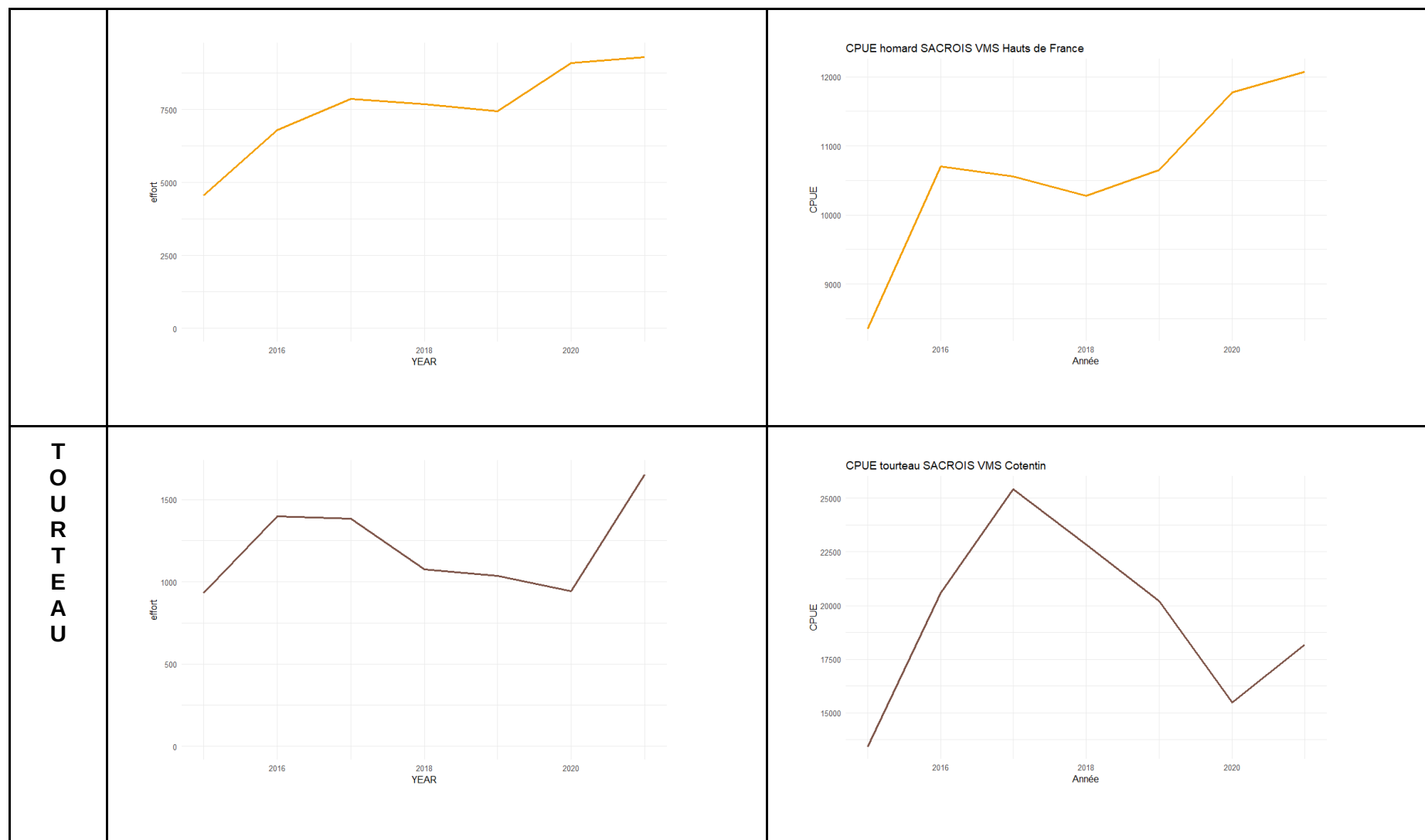
ARAINÉE : La réduction de la base de données SACROIS selon les critères décrits dans la partie *Matériel et Méthodes* ne permet pas d'estimer un effort de pêche ou des CPUE grâce à cette méthode

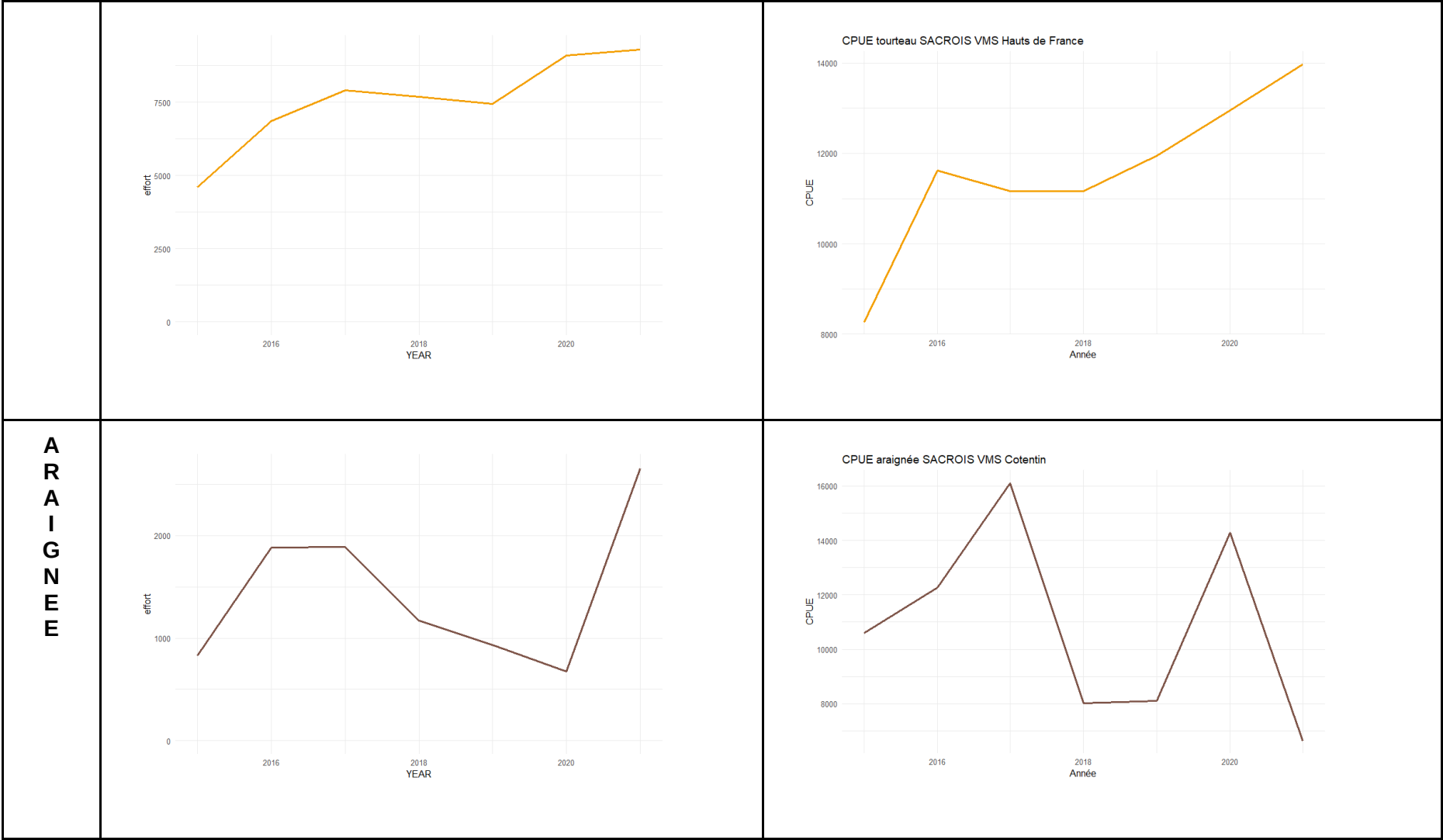
Annexe 5 - Calcul de l'effort de pêche et des CPUE grâce aux données VMS



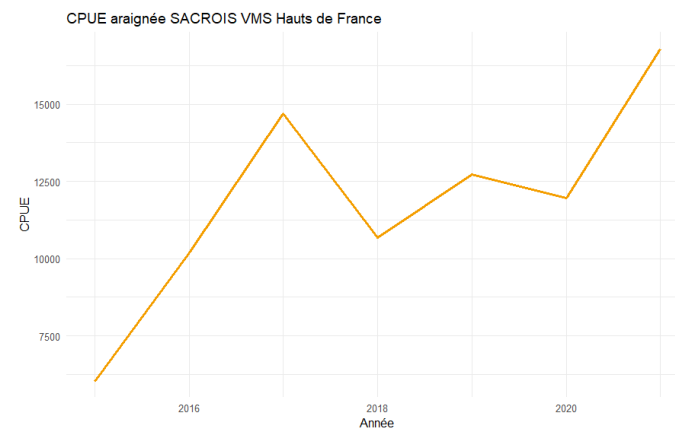
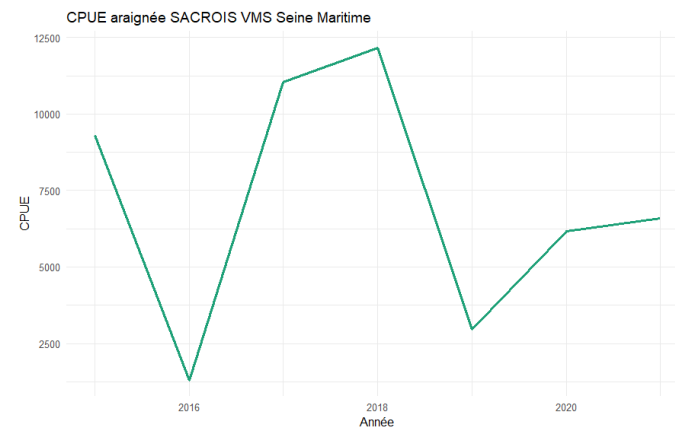
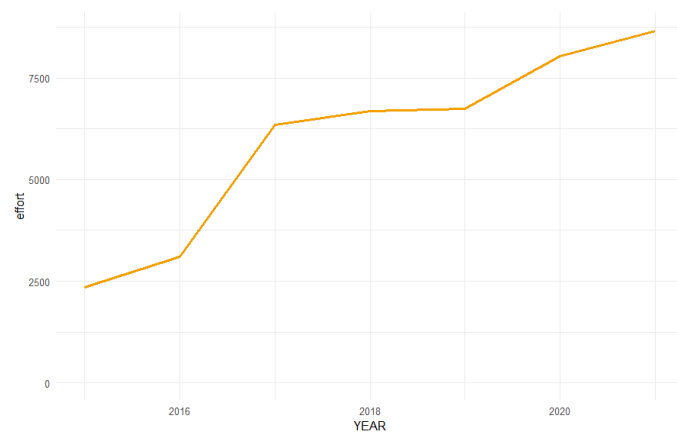
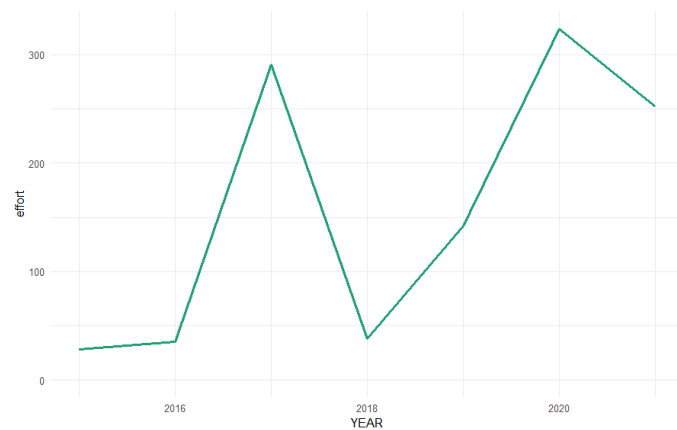


Projet MECANOR² - Annexes





Projet MECANOR² - Annexes



Annexe 6 - Paramétrisation des modèles de production par espèce et par zone

L'ensemble des modèles testés par espèce est présenté ci-dessous. Les modèles de 1 à 4 n'utilisent que les captures, tandis que les dix modèles suivants combinent captures et CPUE. Tous les modèles pairs utilisent des priors semi-informatifs pour le taux de croissance intrinsèque, tandis que les autres utilisent des priors non informatifs. Finalement, les modèles 3 et 4, 7 et 8, et 13 et 14 utilisent des priors semi-informatifs pour la biomasse initiale au début de la série temporelle analysée, tandis que le reste des modèles utilisent des priors non informatifs. Les priors semi-informatifs ont été basés sur la littérature disponible pour chacune des espèces et des zones considérées.

Légende : r (taux de croissance intrinsèque), n (paramètre de la courbe de recrutement), K (capacité limite du milieu), Yinit (biomasse relative initiale en début de séquence temporelle), Yfin (biomasse relative finale en fin de séquence temporelle).

Bulot Baie de Seine

ID	Modele	Donnees		Parametre		Hypotheses	
		Capture	Indice	r	n	K	Yinit
		type	serie	type	serie		Yfin
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020				
M2	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.57 (0.37-0.77)	
M3	CMSY	SACROIS	2000-2020				0.2-0.6
M4	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.57 (0.37-0.77)	0.2-0.6
M5	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020		
M6	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)	
M7	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020		0.2-0.6
M8	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)	0.2-0.6
M9	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020		
M10	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)	
M11	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020		
M12	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)	
M13	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020		0.4 (0.2-0.6)
M14	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)	0.4 (0.2-0.6)

Bulot Seine Maritime

ID	Modele	Donnees		Indice		Parametre			Hypotheses	
		Capture				r	n	K	Yinit	Yfin
		type	serie	type	serie					
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020							
M2	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.57 (0.37-0.77)				
M3	CMSY	SACROIS	2000-2020						0.4-0.8	
M4	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.57 (0.37-0.77)			0.4-0.8	
M5	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020					
M6	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)				
M7	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020				0.4-0.8	
M8	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)			0.4-0.8	
M9	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020					
M10	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)				
M11	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020					
M12	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)				
M13	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020				0.6 (0.4-0.8)	
M14	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.57 (0.37-0.77)			0.4 (0.4-0.8)	

Bulot Hauts-de-France

ID	Modele	Donnees		Indice		Parametre			Hypotheses	
		Capture				r	n	K	Yinit	Yfin
		type	serie	type	serie					
M1	CMSY	SACROIS	2009-2020							
M2	CMSY	SACROIS	2009-2020			0.57 (0.37-0.77)				
M3	CMSY	SACROIS	2009-2020						0.4-0.8	
M4	CMSY	SACROIS	2009-2020			0.57 (0.37-0.77)			0.4-0.8	
M5	CMSY	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020					
M6	CMSY	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020	0.57 (0.37-0.77)				
M7	CMSY	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020				0.4-0.8	
M8	CMSY	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020	0.57 (0.37-0.77)			0.4-0.8	
M9	SPICT	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020					
M10	SPICT	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020	0.57 (0.37-0.77)				
M11	JABBA	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020					
M12	JABBA	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020	0.57 (0.37-0.77)				
M13	JABBA	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020				0.6 (0.4-0.8)	
M14	JABBA	SACROIS	2009-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2009-2020	0.57 (0.37-0.77)			0.4 (0.4-0.8)	

Homard Nord Cotentin

ID	Modele	Donnees		Indice		Parametre			Hypotheses	
		Capture				r	n	K	Yinit	Yfin
		type	serie	type	serie					
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.37 (0.17-0.57)			0.2-0.6	0.2-0.6
M2	CMSY	SACROIS	2000-2020							
M3	CMSY	SACROIS	2000-2020							
M4	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.37 (0.17-0.57)				
M5	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020				0.2-0.6	
M6	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.37 (0.17-0.57)				
M7	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020					
M8	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.37 (0.17-0.57)			0.2-0.6	
M9	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020					
M10	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.37 (0.17-0.57)				
M11	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020				0.4 (0.2-0.6)	
M12	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.37 (0.17-0.57)				
M13	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020					
M14	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020	0.37 (0.17-0.57)			0.4 (0.2-0.6)	

Homard Hauts-de-France

ID	Modele	Donnees		Indice		Parametre			Hypotheses	
		Capture				r	n	K	Yinit	Yfin
		type	serie	type	serie					
M1	CMSY	SACROIS	2010-2020			0.37 (0.17-0.57)			0.4-0.8	0.4-0.8
M2	CMSY	SACROIS	2010-2020							
M3	CMSY	SACROIS	2010-2020							
M4	CMSY	SACROIS	2010-2020			0.37 (0.17-0.57)				
M5	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020				0.4-0.8	
M6	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.37 (0.17-0.57)				
M7	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020					
M8	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.37 (0.17-0.57)			0.4-0.8	
M9	SPICT	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020					
M10	SPICT	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.37 (0.17-0.57)				
M11	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020				0.6 (0.4-0.8)	
M12	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.37 (0.17-0.57)				
M13	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020					
M14	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.37 (0.17-0.57)			0.6 (0.4-0.8)	

Tourteau Nord Cotentin

ID	Modele	Donnees				Parametre			Hypotheses					
		Capture		Indice										
		type	serie	type	serie	r	n	K	Yinit	Yfin				
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020			0.46 (0.26-0.66)			0.2-0.6					
M2	CMSY	SACROIS	2000-2020											
M3	CMSY	SACROIS	2000-2020											
M4	CMSY	SACROIS	2000-2020											
M5	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020				0.2-0.6					
M6	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020						0.46 (0.26-0.66)			
M7	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020								0.2-0.6	
M8	CMSY	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020									
M9	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020									
M10	SPICT	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020									
M11	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020									
M12	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020									
M13	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020				0.4 (0.2-0.6)					
M14	JABBA	SACROIS	2000-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2000-2020									

Tourteau Hauts-de-France

ID	Modele	Donnees				Parametre			Hypotheses	
		Capture		Indice						
		type	serie	type	serie	r	n	K	Yinit	Yfin
M1	CMSY	SACROIS	2010-2020							
M2	CMSY	SACROIS	2010-2020			0.46 (0.26-0.66)				
M3	CMSY	SACROIS	2010-2020						0.2-0.6	
M4	CMSY	SACROIS	2010-2020			0.46 (0.26-0.66)			0.2-0.6	
M5	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020					
M6	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.46 (0.26-0.66)				
M7	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020				0.2-0.6	
M8	CMSY	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.46 (0.26-0.66)			0.2-0.6	
M9	SPICT	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020					
M10	SPICT	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.46 (0.26-0.66)				
M11	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020					
M12	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.46 (0.26-0.66)				
M13	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020				0.4 (0.2-0.6)	
M14	JABBA	SACROIS	2010-2020	CPUE SACROIS*Cale ndrier	2010-2020	0.46 (0.26-0.66)			0.4 (0.2-0.6)	

Araignée Nord Cotentin

ID	Modele	Capture		Donnees		Indice		r	Parametre		Hypotheses	
		type	serie	type	serie	type	serie		n	K	Yinit	Yfin
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020					Medium				

Araignée Seine Maritime

ID	Modele	Capture		Donnees		Indice		r	Parametre		Hypotheses	
		type	serie	type	serie	type	serie		n	K	Yinit	Yfin
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020					Medium				

Araignée Hauts-de-France

ID	Modele	Capture		Donnees		Indice		r	Parametre		Hypotheses	
		type	serie	type	serie	type	serie		n	K	Yinit	Yfin
M1	CMSY	SACROIS	2000-2020					Medium				

Annexe 7 - Tableau récapitulatif des périodes et classes de taille utilisées pour chaque prélèvement de bulot dans le cadre de MECANOR²

Classe de taille	sept 20	dec 20	mars 21	juin 21	oct/nov 21	jan 22	nov 22
A : >45mm	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS	BS	BS		
B : [45;47[	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	
C : [47;49[	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
D : [49;51[	BS SM	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
E : [51;53[	BS SM	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
F : [53;55[	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
G : [55;57[	BS SM	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
H : [57;59[	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
I : [59;61[		SM HDF-7D	SM HDF-7D	BS SM HDF-7D HDF-4C	BS SM HDF-7D HDF-4C	HDF-4C	HDF-4C
J : [61;63]							

Projet MECANOR² - Annexes

							HDF-4C
K : [63;65[							HDF-4C

BS : Baie de Seine

SM : Seine Maritime

HDF-7D : Hauts-de-France - zone de Boulogne

HDF-4C : Hauts-de-France - zone de Calais

Annexe 8 - Tableau récapitulatif des variables mesurées pour la partie “maturité des bulots”

Date	Zone	Longitude	Latitude	Classe Taille	Numéro
Hauteur	Largeur	Poids buccin (avec coquille)	Poids Buccin (décoquillé)	Poids ovaire ou testicule (avec glde digestive)	Sexe
Taille pénis	Poids Pénis	Taille utérus	Epaisseur utérus	Maturité ovaire/testicu le	Couleur ovaire/testicu le

Annexe 9 - Sorties des modèles de production

Les résultats des modèles de production pour le bulot de Seine Maritime correspondent à :

- F/FMSY mortalité de pêche relative en 2020
- B/BMSY biomasse relative en 2020
- la tendance sur les 5 dernières années de la série temporelle
- l'état estimé du stock en fonction des résultats du modèle en 2020 (code couleur rouge : surexploitation, orange : pleine exploitation, vert : sous exploitation)
- convergence : si le modèle a convergé ou non
- Residuals : si des problèmes sur les résidus des variables estimées ou en entrée ont été détectés

Bulot Baie de Seine

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	1.31	0.568	stable	rouge	Ok	
M2	CMSY	1.18	0.554	stable	rouge	Ok	
M3	CMSY	1.31	0.572	stable	rouge	Ok	
M4	CMSY	1.16	0.561	augmentation -	rouge	Ok	
M5	CMSY	0.944	0.743	augmentation -	jaune	Ok	
M6	CMSY	0.917	0.737	augmentation -	jaune	Ok	
M7	CMSY	0.944	0.743	augmentation -	jaune	Ok	
M8	CMSY	0.917	0.737	augmentation -	jaune	Ok	
M9	SPICT	0.557	1.336	stable	vert	Ok	Ok
M10	SPICT	0.483	1.374	stable	vert	Ok	Ok
M11	JABBA					Non	
M12	JABBA					Non	
M13	JABBA	0.279	1.858	baisse	vert	Ok	
M14	JABBA	0.184	1.762	baisse	vert	Ok	

Bulot Seine Maritime

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	0.684	1.38	baisse	vert	Ok	
M2	CMSY	0.659	1.37	baisse	vert	Ok	
M3	CMSY	0.687	1.38	baisse	vert	Ok	
M4	CMSY	0.66	1.37	baisse	vert	Ok	
M5	CMSY	1.35	1.12	baisse	orange	Ok	PB: CPUE
M6	CMSY	1.38	1.06	baisse	orange	Ok	PB: CPUE
M7	CMSY	1.46	1.11	baisse	orange	Ok	PB: CPUE
M8	CMSY	1.41	1.05	baisse	orange	Ok	PB: CPUE
M9	SPICT	0.08	1.86	stable	vert	Ok	PB: Catch
M10	SPICT	0.08	1.84	stable	vert	Ok	PB: Catch
M11	JABBA					Non	
M12	JABBA					Non	
M13	JABBA					Non	
M14	JABBA					Non	

Bulot Hauts-de-France

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	1.63	1.03	baisse	orange	Ok	
M2	CMSY	1.72	1.03	baisse	orange	Ok	
M3	CMSY	0.852	1.48	baisse	vert	Ok	
M4	CMSY	1.14	1.46	baisse	vert	Ok	
M5	CMSY	1.31	1.3	baisse	orange	Ok	Ok
M6	CMSY	1.33	1.23	baisse	orange	Ok	Ok
M7	CMSY	1.34	1.29	baisse	orange	Ok	Ok
M8	CMSY	1.31	1.25	baisse	orange	Ok	Ok
M9	SPICT	0.978	1.614	stable	vert	Ok	Ok
M10	SPICT	0.692	1.957	stable	vert	Ok	Ok
M11	JABBA					Non	
M12	JABBA					Non	
M13	JABBA					Non	
M14	JABBA					Non	

Homard Nord Cotentin

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	0.638	1.31	baisse	vert	Ok	
M2	CMSY	0.621	1.37	baisse	vert	Ok	
M3	CMSY	0.633	1.3	baisse	vert	OK	
M4	CMSY	0.629	1.33	baisse	vert	Ok	
M5	CMSY	0.7	1.32	baisse	vert	Ok	pb CPUE
M6	CMSY	0.745	1.33	baisse	vert	Ok	pb CPUE
M7	CMSY	0.71	1.41	baisse	vert	Ok	Ok
M8	CMSY	0.665	1.44	baisse	vert	Ok	Ok
M9	SPICT	0.124	2.751	stable	vert	Ok	pb Capture
M10	SPICT	0.105	2.69	stable	vert	Ok	pb Capture
M11	JABBA	0.196	2.961	stable	vert	Ok	
M12	JABBA					Non	
M13	JABBA					Non	
M14	JABBA	0.363	2.446	stable	vert	Ok	

Homard Hauts-de-France

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	0.925	1.38	baisse	vert	Ok	
M2	CMSY	0.872	1.45	baisse	vert	Ok	
M3	CMSY	0.941	1.36	baisse	vert	Ok	
M4	CMSY	0.899	1.39	baisse	vert	Ok	
M5	CMSY	0.741	1.54	baisse	vert	Ok	pb CPUE
M6	CMSY	0.758	1.57	baisse	vert	Ok	pb CPUE
M7	CMSY	0.705	1.59	stable	vert	OK	Ok
M8	CMSY	0.686	1.6	stable	vert	Ok	Ok
M9	SPICT	0.279	1.333	stable	vert	Ok	Ok
M10	SPICT	0.293	1.388	stable	vert	Ok	Ok
M11	JABBA	0.241	2.915	augmentation	vert	Ok	
M12	JABBA					Non	
M13	JABBA					Non	
M14	JABBA					Non	

Tourteau Nord Cotentin

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	1.09	0.474	baisse	rouge	Ok	
M2	CMSY	0.962	0.508	baisse	jaune	Ok	
M3	CMSY	1.04	0.483	baisse	rouge	Ok	
M4	CMSY	0.962	0.508	baisse	jaune	Ok	
M5	CMSY	1.12	0.572	baisse	rouge	Ok	
M6	CMSY	1.14	0.557	baisse	rouge	Ok	pb CPUE
M7	CMSY	1.12	0.572	baisse	rouge	Ok	pb CPUE
M8	CMSY	1.14	0.557	baisse	rouge	Ok	pb CPUE
M9	SPICT	2.244	0.216	baisse	rouge	Ok	pb Capture
M10	SPICT	3.197	0.139	baisse	rouge	Ok	pb Capture
M11	JABBA					Non	
M12	JABBA	0.442	0.935	baisse	jaune	Ok	
M13	JABBA					Non	
M14	JABBA	0.383	0.898	baisse	jaune	Ok	

Tourteau Hauts-de-France

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	0.93	1.33	baisse	vert	Ok	
M2	CMSY	0.85	1.41	baisse	vert	Ok	
M3	CMSY	0.932	1.31	stable	vert	Ok	
M4	CMSY	0.864	1.36	stable	vert	Ok	
M5	CMSY	1.21	1.16	baisse	orange	Ok	
M6	CMSY	1.2	1.16	baisse	orange	Ok	pb CPUE
M7	CMSY	1.47	0.975	baisse	rouge	Ok	pb CPUE
M8	CMSY	1.42	0.983	baisse	rouge	Ok	pb CPUE
M9	SPICT	0.112	2.46	stable	vert	Ok	pb Capture
M10	SPICT	0.096	2.494	stable	vert	Ok	pb Capture
M11	JABBA	0.879	1.688	stable	vert	Ok	
M12	JABBA					Non	
M13	JABBA	1.305	1.176	augmentation	jaune	Ok	
M14	JABBA	1.343	1.04	augmentation	jaune	Ok	

Araignée Nord Cotentin

ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	1.3	0.551	baisse	rouge	Ok	

Araignée Seine Maritime

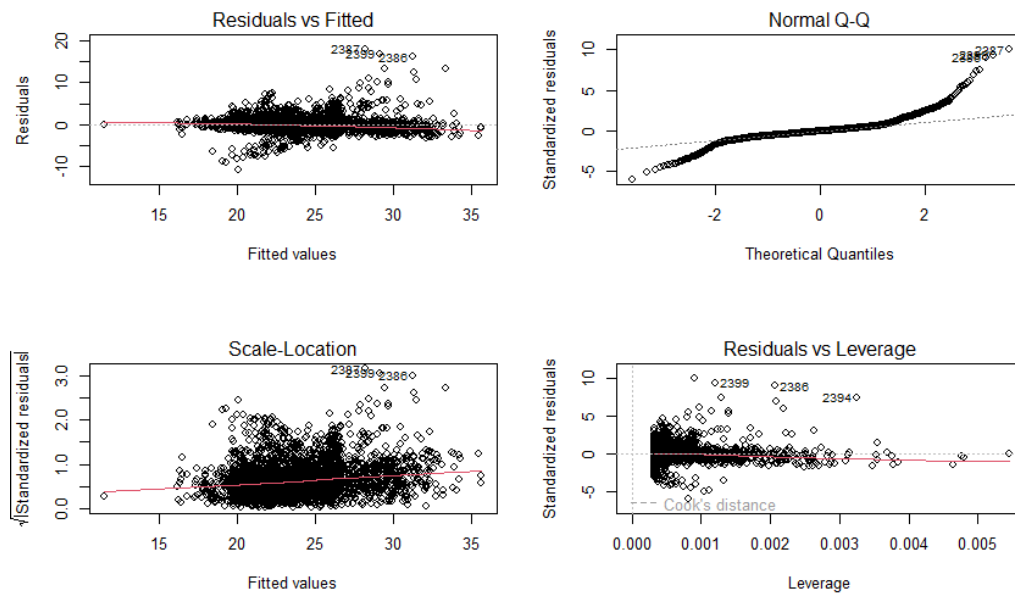
ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	0.956	1.46	baisse	vert	Ok	

Araignée Hauts-de-France

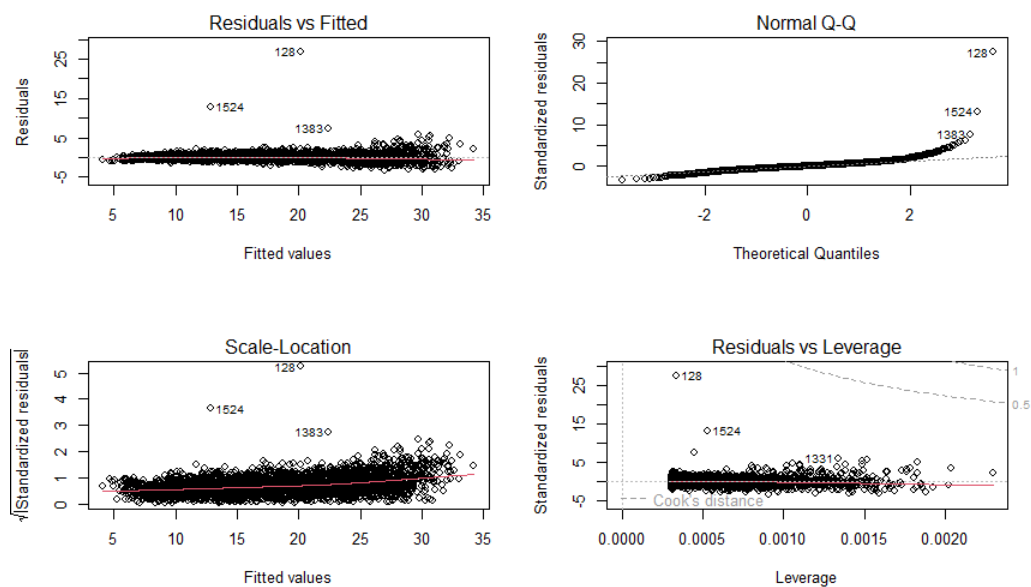
ID	Modele	F/FMSY	B/BMSY	tendance (5ans)	Etat	Convergence	Residuals
M1	CMSY	1.84	1.37	baisse	orange	Ok	

Annexe 10 - Plots diagnostic des résidus de la régression linéaire du ratio longueur-largeur des bulots pour chaque zone (Manche Ouest, Baie de Seine, Seine Maritime, Hauts-de-France 7d et Hauts-de-France 4c)

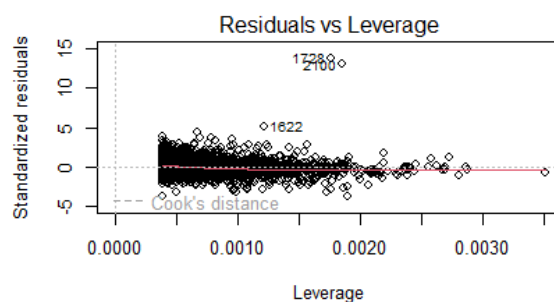
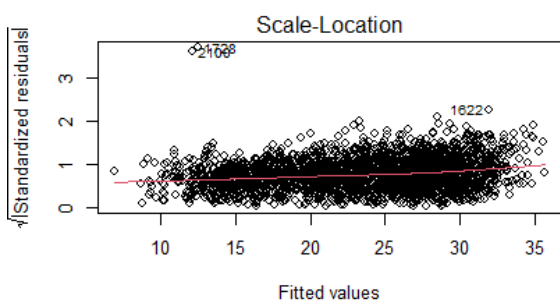
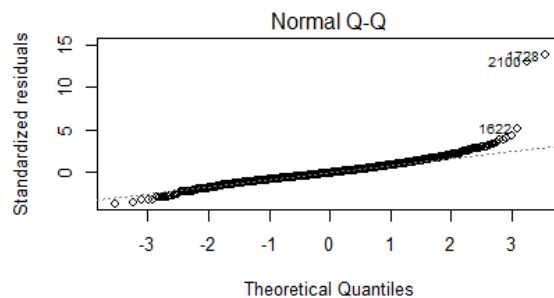
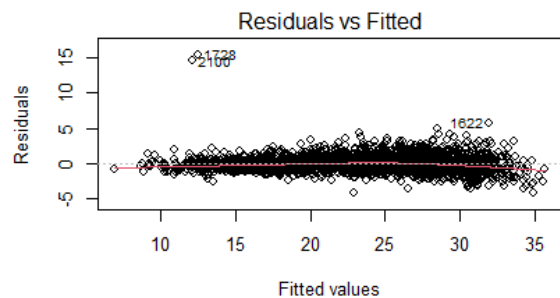
Manche Ouest



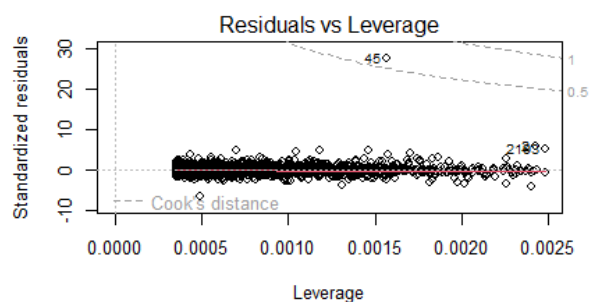
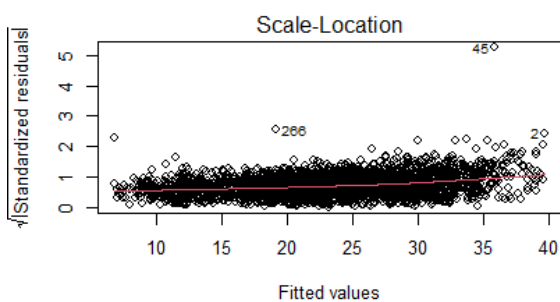
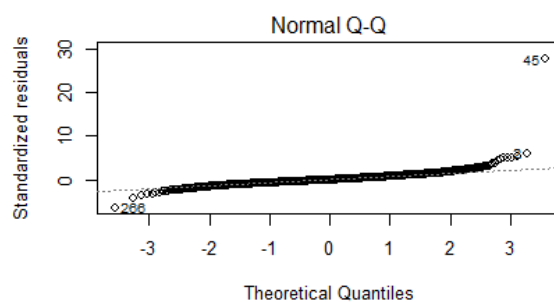
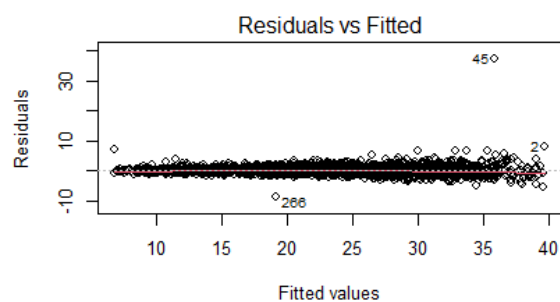
Baie de Seine



Seine Maritime



Hauts-de-France 7d



Hauts-de-France 4c

