



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

## Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

---

Document de recherche 2025/060

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

### État des stocks de pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) dans la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) en 2023

Coughlan, E., Baker, K., Charmley K.

Direction générale des sciences  
Pêches et Océans Canada  
C.P. 5667  
St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1

---

### **Avant-propos**

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

### **Publié par :**

Pêches et Océans Canada  
Secrétariat canadien des avis scientifiques  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/  
DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du  
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-78587-5 N° cat. Fs70-5/2025-060F-PDF

### **La présente publication doit être citée comme suit :**

Coughlan, E., Baker, K.D. et Charmley, K. 2025. État des stocks de pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) dans la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) en 2023. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/060. iv + 32 p.

### **Also available in English :**

Coughlan, E., Baker, K.D., and Charmley, K. 2025. Status of Iceland Scallop (*Chlamys islandica*) in the Canada-France Transboundary Zone (CORE Area) of St. Pierre Bank (NAFO Subdivision 3Ps) in 2023. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/060. iv + 31 p.

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION .....	1
BIOLOGIE DE L'ESPÈCE.....	1
PÊCHE .....	1
MÉTHODOLOGIE.....	1
PÊCHE .....	1
RELEVÉS PAR NAVIRE DE RECHERCHE .....	2
Plan des relevés.....	2
Méthodes de pêche.....	2
Échantillonnage.....	2
ESTIMATIONS DE LA BIOMASSE ET DE L'ABONDANCE.....	3
Biomasse .....	4
Abondance .....	4
Comparaisons avec les méthodes STRAP et Ogmap .....	5
RENDEMENTS EN CHAIR ET QUANTITÉ DE CHAIR .....	5
STRUCTURE SELON LA TAILLE.....	5
MORTALITÉ NATURELLE.....	6
RÉSULTATS.....	6
PÊCHE .....	6
INDICES DE LA BIOMASSE ET DE L'ABONDANCE .....	6
Biomasse .....	6
Abondance .....	7
RENDEMENTS EN CHAIR ET QUANTITÉ DE CHAIR .....	7
STRUCTURE SELON LA TAILLE.....	8
MORTALITÉ NATURELLE.....	8
PRÉDATION .....	8
CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCOSYSTÈME .....	8
CONCLUSIONS.....	9
RÉFÉRENCES CITÉES .....	9
TABLEAUX TABLEAUX TABLEAUX.....	11
FIGURES .....	16

---

## RÉSUMÉ

Le présent document de recherche résume les résultats de la réunion régionale d'examen par les pairs de Pêches et Océans Canada (MPO) du 23 février 2024, intitulée « Évaluation du pétoncle d'Islande dans la zone transfrontalière franco-canadienne du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) ». La dernière évaluation de cette ressource avant la réunion de 2024 a eu lieu lors d'un examen régional par les pairs en février 2018 (Coughlan *et al.* 2021).

La pêche dirigée du pétoncle d'Islande sur le banc de Saint-Pierre a débuté en 1989 et a culminé à 6 000 tonnes en 1992. Il n'y a eu aucune pêche dirigée entre 1997 et 2016, et quelques activités de pêche depuis 2017. Le total autorisé des captures est de 990 t dans la zone transfrontalière partagée par le Canada et la France, connue sous le nom de « boîte à pétoncles », depuis 2018. Les données recueillies lors d'un relevé d'évaluation des ressources canadiennes de la zone en septembre 2023 ont permis d'estimer une biomasse dragable minimale à 1 000 t, l'une des plus faibles de la série chronologique. Cette valeur représente une diminution d'environ 45 % depuis 2017 et seulement 8 % de la biomasse moyenne observée au début des années 1990. La hauteur moyenne de la coquille est invariablement plus élevée dans les eaux canadiennes que dans les eaux françaises et le nombre moyen a légèrement diminué, de 85 pétoncles/500 g en 2017 à 75 pétoncles/500 g en 2023. Elle reste proche du pic de la série chronologique des relevés, ce qui indique que la chair des pétoncles est plus petite. La mortalité naturelle a fortement augmenté depuis le dernier relevé en 2017, mais reste bien en deçà du pic de la série chronologique des relevés. La biomasse des étoiles de mer prédatrices concorde généralement avec les niveaux de mortalité naturelle, et le niveau en 2023 était le plus élevé de la série chronologique depuis 2005.

---

## INTRODUCTION

### BIOLOGIE DE L'ESPÈCE

Le pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) est largement répandu dans l'océan Atlantique Nord subarctique, présentant des concentrations exploitables au sud jusqu'à la côte du Massachusetts, dans le nord-est des États-Unis. Les populations au large de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) se trouvent habituellement à des profondeurs allant de 50 à 200 mètres, généralement sur des substrats durs constitués en grande partie de sable, de gravier, de fragments de coquilles et de pierres (DFO 2001; Naidu *et al.* 1983). Le pétoncle d'Islande est un organisme filtreur qui consomme du plancton et des détritiques, et il est associé à des zones de forts courants (Garcia 2006). Pour vivre dans ces zones, le pétoncle se fixe au substrat au moyen de fibres protéiques appelées byssus.

Le pétoncle d'Islande est dioïque (c.-à-d. qu'il présente deux sexes distincts). Il devient sexuellement mature à l'âge de 3 à 6 ans et il est pleinement recruté dans la pêche commerciale à une hauteur de coquille de 60 mm (environ 9 ans). La fraie dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador commence en avril ou mai, et dépend probablement de la température. La fécondation des œufs est externe et les larves sont planctoniques jusqu'à 10 semaines avant de se déposer au fond. Durant la phase planctonique, le pétoncle peut dériver à des distances potentiellement considérables des adultes en fraie. Le pétoncle d'Islande vit souvent plus de 25 ans, mais dépasse rarement 100 mm de hauteur de la coquille (DFO 2010). Des espèces d'étoiles de mer, dont *Leptasterias polaris*, *Crossaster papposus* et *Solaster endeca*, sont les principaux prédateurs connus du pétoncle d'Islande.

### PÊCHE

La pêche dirigée du pétoncle d'Islande a débuté en 1989, et les débarquements ont culminé à 6 000 tonnes en 1992 (tableau 1, figure 1). Avant 1996, seul le Canada exploitait cette ressource. En 1992, une décision rendue par une cour internationale d'arbitrage a entraîné des changements quant au statut territorial des eaux situées au sud de Terre-Neuve et des îles françaises de Saint-Pierre-et-Miquelon. À la suite de cette décision, un total autorisé des captures (TAC) annuel, que le Canada et la France doivent partager, a été fixé pour une zone dite « zone transfrontalière », aussi appelée « boîte à pétoncles » (figure 2). La France a reçu 70 % du TAC et le Canada, 30 %. Le TAC conjoint a vu le jour en 1995, lorsqu'un total de 2 800 tonnes a été établi pour la boîte à pétoncles (dont 840 tonnes allouées au Canada). Le TAC avait été réduit à 100 tonnes (30 tonnes pour le Canada) en 1999–2000. Il a été porté à 400 tonnes (120 tonnes au Canada) en 2001, puis à 1 650 tonnes (495 tonnes au Canada) en 2006. Il a ensuite été abaissé de 40 %, à 990 tonnes (297 tonnes au Canada), en 2018. Cependant, entre 1995 et 1997, moins de 10 % du TAC a été pêché au cours de chaque année. Il n'y a eu aucune pêche entre 1997 et 2016, et une très faible activité de pêche a eu lieu dans la boîte à pétoncles en 2017 (figure 1, tableau 1).

## MÉTHODOLOGIE

### PÊCHE

Les données sur les débarquements sont fondées sur les rapports de vérification à quai, les journaux de bord commerciaux et les bordereaux d'achat des acheteurs. Les pêcheurs déclarent les prises quotidiennes pour chaque semaine de pêche.

---

## RELEVÉS PAR NAVIRE DE RECHERCHE

### Plan des relevés

Pêches et Océans Canada (MPO) a effectué des relevés d'évaluation des ressources de 1990 à 1993 avec le NM *Gadus Atlantica*, en 1996 et 1998 avec le NGCC *Teleost*. En 2005, le NGCC *Wilfred Templeman* a été utilisé dans le cadre d'un relevé conjoint Canada-France (en collaboration avec l'IFREMER – ministère des Ressources biologiques et de l'Environnement, France). Les relevés de 2009 et de 2017 ont été effectués à bord du NGCC *Alfred Needler*, et de nouveau à bord du NGCC *Teleost* en 2023. En 2011, un relevé d'évaluation des ressources a également été effectué par le ministère français des Ressources biologiques et de l'Environnement (IFREMER), à bord du *Marcel Angie*, un navire commercial (voir les résultats de la biomasse dans le tableau 3 dans Coughlan *et al.* 2021).

La zone de relevé a été réduite en 1991 et les strates ont été redessinées afin de refléter les concentrations de pétoncles trouvées au nord. Les strates ont été à nouveau révisées en 1993 pour prendre en compte la nouvelle frontière entre le Canada et la France. Tous les relevés suivants ont utilisé le modèle de stratification de 1993 (figure 3).

Tous les relevés ont suivi un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié, dans lequel les strates reposaient sur la zone et la profondeur, et les calées étaient attribuées de manière optimale en fonction des zones spécifiques à la strate et de l'écart avec les taux de prise du relevé précédent. Le nombre de calées allouées pour le relevé d'évaluation des ressources de 2023 était basé sur l'écart de prises par rapport au relevé de 2017 (tableau 2). Les calées ont été réparties de façon optimale afin de diminuer la variance de la moyenne pour une taille d'échantillon fixe dans un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié selon Cochran (1977) :

$$n_h = \frac{n \times A_h \times S_h}{\sum (A_i \times S_i)} \quad (\text{Équ. 1})$$

où,  $n_h$  = nombre de calées dans la strate 'h',  $n$  = nombre total de calées disponibles,  $A_h$  = superficie de la strate 'h',  $S_h$  = écart dans la strate 'h',  $A_i$  = superficie de chaque strate et  $S_i$  = écart dans chaque strate.

### Méthodes de pêche

Une drague à pétoncles de type New Bedford de 12 pieds équipée d'anneaux de 3 pouces et interreliée avec une configuration à trois maillons supérieurs et quatre maillons inférieurs a été utilisée pour tous les relevés entre 1990 et 1998. Depuis 2005, une drague de 8 pieds est utilisée, en conservant la même configuration d'anneaux et de maillons. La longueur des traits standard était de 1,0 mille marin avec la drague de 12 pieds et de 0,5 mille marin avec la drague de 8 pieds. La vitesse de dragage était d'environ 3 nœuds et le rapport entre la longueur du câble et la profondeur était de 3:1.

Pour les relevés canadiens d'évaluation des ressources, tous les résultats des prises ont été normalisés à la zone de dragage de 8 pieds, afin de pouvoir les comparer sur toute la série chronologique. Les traits étaient généralement réalisés aux positions désignées en suivant la direction prévue. Cependant, si la position était trop proche de la limite de la strate ou en présence d'un obstacle, la direction du trait était modifiée de manière à pouvoir le réaliser à l'intérieur de la strate ou en évitant l'obstacle.

### Échantillonnage

À la fin de chaque trait, le total des prises était trié par espèce, dénombré et pesé. Les pétoncles vivants étaient placés dans des paniers et pesés entiers. Selon le volume des prises

---

et le temps restant jusqu'à la prochaine station de pêche, on mettait de côté les prises entières ou un sous-échantillon pesé choisi au hasard pour prendre les mesures individuelles de la hauteur de la coquille au millimètre près. Des données sur la taille des coquilles individuelles et le poids de la chair/rendement ont également été recueillies dans chaque strate. Les coquilles floches (coquilles vides encore fixées à la charnière) étaient triées, pesées, comptées et mesurées séparément. Le poids des coquilles floches et le poids des débris résiduels (p. ex. sable, fragments de coquilles brisées et cailloux) étaient soustraits du poids de l'échantillon et du poids total des prises. Une station n'était occupée qu'une fois l'échantillonnage du trait précédent terminé. Cela permettait d'éviter la perte d'eau dans les pétoncles, qui peut avoir une incidence sur les poids enregistrés et, par la suite, sur les estimations de la biomasse.

On triait aussi les étoiles de mer prédatrices par espèce et on les échantillonnait pour déterminer le poids et la longueur de chaque individu. La longueur de chaque étoile de mer était mesurée de la bouche à l'extrémité du bras le plus long au millimètre près.

## ESTIMATIONS DE LA BIOMASSE ET DE L'ABONDANCE

Dans les évaluations précédentes du pétoncle d'Islande, on a utilisé le programme d'analyse stratifiée (STRAP; Smith et Somerton 1981) ou la cartographie par ogive (Ogmap; Evans 2000) pour calculer les indices de la biomasse dragable minimale (BDM) et de l'abondance du pétoncle d'Islande. La méthode STRAP a également été utilisée pour déterminer la BDM des espèces d'étoiles de mer dans la boîte à pétoncles (Coughlan *et al.* 2021). La méthode STRAP est une méthode d'expansion spatiale qui utilise les taux de prise dans les relevés pour estimer les indices de la biomasse et de l'abondance (Smith et Somerton 1981). Elle multiplie les poids et nombres moyens des individus échantillonnés dans chaque strate par la superficie de cette strate pour estimer le poids total (biomasse) ou le nombre total (abondance) des individus dans cette strate. La méthode STRAP exige un échantillonnage uniforme d'au moins deux calées par strate pour chaque année du relevé afin de maintenir la cohérence de la série chronologique et des analyses des tendances. Ogmap est une méthode d'expansion spatiale qui comprend une corrélation avec la profondeur (Evans 2000). Elle nécessite un échantillonnage annuel adéquat dans toute la zone de relevé, mais il n'y a pas de taux d'échantillonnage minimal par strate. Ogmap est considéré comme un logiciel ancien et n'est plus maintenu par le MPO.

La couverture spatiale des relevés canadiens d'évaluation des ressources n'a pas été uniforme au fil du temps. Par exemple, depuis 1993, la strate 10 a été échantillonnée dans cinq des sept relevés. Lors de la dernière évaluation du pétoncle d'Islande (Coughlan *et al.* 2021), les estimations de la biomasse par les méthodes STRAP et Ogmap ont été calculées dans le site d'intérêt de la boîte à pétoncles pour chaque année pour laquelle les données étaient disponibles, même si différentes strates avaient été échantillonnées sur la série chronologique (voir les tableaux 3 et 4 dans Coughlan *et al.* 2021 pour plus de détails). Afin d'atténuer les problèmes liés à la couverture irrégulière des relevés et d'améliorer les méthodes actuelles et futures d'estimation de la biomasse, nous avons appliqué un modèle spatio-temporel pour prédire des indices cohérents et fiables de la biomasse et de l'abondance du pétoncle d'Islande.

Les modèles spatio-temporels ont été créés pour les années pour lesquelles les données des relevés canadiens d'évaluation des ressources étaient disponibles, à l'aide du progiciel « *sdmTMB* » dans R (Anderson *et al.* 2024). Cette technique de modélisation a fait l'objet d'un examen par des pairs et a été approuvée pour les évaluations de l'espèce par le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM 2022), l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO 2022), et pour l'évaluation d'autres espèces par le MPO (p. ex. l'holothurie de l'Atlantique Nord – *Cucumaria frondosa* dans la sous-division 3Ps de l'OPANO et la crevette ésope – *Pandalus montagui* dans la zone de pêche de la crevette 4). De plus, le Comité permanent sur la coordination de la recherche de l'OPANO a recommandé d'explorer la

---

technique de ce modèle pour les espèces présentes dans la zone réglementée par l'OPANO (OPANO 2022).

Nous avons construit une maille de l'équation différentielle partielle stochastique (EDPS) avec une distance minimale de 3 km de la limite à l'aide d'une approximation de Laplace imbriquée intégrée (figure 4). La maille était composée de 116 sommets.

Le progiciel « *sdmTMB* » intègre un modèle Template Model Builder (T.M.B.) et les matrices de l'équation différentielle partielle stochastique (Anderson *et al.* 2024; Chopin 2009). L'anisotropie (indiquée et estimée séparément pour les composantes du modèle), une covariable de la profondeur et diverses distributions (c.-à-d. de Tweedie, delta-gamma et delta-log-normale) ont été prises en compte dans la formulation du modèle. Le meilleur modèle a été choisi en fonction du critère d'information d'Akaike (Akaike 1973), des diagnostics de convergence et des vérifications qui garantissent un maximum de log-vraisemblance du gradient par rapport à tous les effets fixes inférieurs à 0,001, que la hessienne était positive définie et qu'aucun écart-type marginal de champ aléatoire n'était inférieur à 0,01. De plus, les résidus ont été calculés à l'aide d'un échantillonnage de Monte Carlo par chaîne de Markov (MCCM) pour estimer les effets aléatoires et fixes à leurs valeurs de vraisemblance maximales dans le progiciel « *sdmTMBextra* » dans R (Anderson 2023). L'ajustement du modèle a été examiné à l'aide des diagrammes de diagnostics résiduels (graphiques quantile-quantile et cartographie spatio-temporelle).

## Biomasse

Le meilleur modèle pour estimer la biomasse était le suivant :

$$Densité_{BIO} = 0 + s(Profondeur) + 0 + as, factor(Année) \quad (\text{Équ. 2})$$

où  $Densité_{BIO}$  est la biomasse normalisée (kg/km<sup>2</sup>) du pétoncle d'Islande dans une calée effectuée lors du relevé d'évaluation des ressources canadiennes, *Profondeur* est la profondeur moyenne (m) de chaque calée et *Année* est l'année du relevé, représentée comme un facteur.

Les autocorrélations spatiale et spatio-temporelle étaient incluses en tant que champs aléatoires gaussiens pour tenir compte de l'évolution des paramètres de qualité de l'habitat non mesurés ou latents dans l'espace et dans le temps. Les champs aléatoires spatio-temporels ont été posés comme indépendants d'une année à l'autre. L'effet spatial aléatoire et la dynamique temporelle variable dans l'espace ont été estimés par triangulation de Delaunay sur la maille, en supposant des champs aléatoires de Markov gaussiens (Rue et Held 2005). Le modèle le mieux ajusté a utilisé une distribution de famille de Tweedie (famille de distributions de probabilité qui comprend des distributions normales purement continues, gamma et gaussiennes inverses) avec un lien logarithmique. L'inclusion de l'anisotropie (la propriété structurale de non-uniformité dans différentes directions) n'a pas amélioré l'ajustement du modèle.

Le modèle a été utilisé pour prédire la densité des pétoncles d'Islande (kg/km<sup>2</sup>) chaque année dans la boîte à pétoncles étudiée (strates 10 à 12 et 21 à 25) sur une surface quadrillée de 1 km<sup>2</sup>, avec une profondeur estimée à l'intérieur de chaque cellule à l'aide des données matricielles bathymétriques de la Carte générale bathymétrique des océans (COI *et al.* 2023). Les estimations de la biomasse annuelle ont été calculées sur l'ensemble de la zone en utilisant la surface de densité prédite.

## Abondance

Le meilleur modèle pour estimer l'abondance était le suivant :



$$Densité_{ABOND} = s(Profondeur) + 0 + as, factor(Année) \quad (\text{Équ. 3})$$

où  $Densité_{ABOND}$  est le nombre normalisé (nombre/km<sup>2</sup>) du pétoncle d'Islande dans une calée effectuée lors du relevé d'évaluation des ressources canadiennes,  $Profondeur$  est la profondeur moyenne (m) de chaque calée et  $Année$  est l'année du relevé, représentée comme un facteur. Les autocorrélations spatiale et spatio-temporelle étaient incluses en tant que champs aléatoires gaussiens pour tenir compte de l'évolution des paramètres de qualité de l'habitat non mesurés ou latents dans l'espace et dans le temps. Les champs aléatoires spatio-temporels ont été posés comme indépendants d'une année à l'autre. L'effet spatial aléatoire et la dynamique temporelle variable dans l'espace ont été estimés par triangulation de Delaunay sur la maille, en supposant des champs aléatoires de Markov gaussiens (Rue et Held 2005). Le meilleur modèle utilisait une distribution de famille de Tweedie (avec lien logarithmique). L'anisotropie était prise en compte de sorte que les portées de Matérn variaient selon la direction et étaient estimées indépendamment pour chaque composante du modèle (c'est-à-dire les champs aléatoires spatiaux et spatio-temporels).

Le modèle a été utilisé pour prédire l'abondance annuelle des pétoncles d'Islande dans la boîte à pétoncles étudiée (strates 10 à 12 et 21 à 25) en utilisant la même approche que pour l'estimation de la biomasse.

### Comparaisons avec les méthodes STRAP et Ogmap

Les estimations de la biomasse dragable minimale (BDM) dérivées du modèle ont été comparées aux estimations de la biomasse et de l'abondance obtenues avec les méthodes STRAP et Ogmap. Étant donné qu'il n'est pas possible d'utiliser la méthode STRAP avec moins de deux calées par strate, nous n'avons pu comparer les estimations que dans un sous-ensemble de strates qui faisaient toujours l'objet d'un relevé (11 et 12, 21 à 23).

### RENDEMENTS EN CHAIR ET QUANTITÉ DE CHAIR

Au cours des relevés canadiens d'évaluation des ressources, on a prélevé des pétoncles d'Islande pour déterminer les rendements biologiques en chair (%), le poids moyen de la chair (g) et la quantité de chair (quantité de chair/500 g) dans des strates représentatives qui variaient chaque année (tableau 3).

Le rendement biologique en chair est donné par la formule :

$$x = \frac{\text{poids de chair (g)}}{\text{poids brut (g)}} \times 100 \quad (\text{Équ. 4})$$

La quantité de chair est donnée par la formule :

$$x = \frac{500 \text{ (g)}}{\text{poids de chair (g)}} \times \text{échantillon (n)} \quad (\text{Équ. 5})$$

### STRUCTURE SELON LA TAILLE

Les données sur la hauteur de la coquille provenant des relevés canadiens d'évaluation des ressources de 1998, 2005, 2009 et 2017 ont été utilisées pour déterminer l'abondance à la longueur par groupes de 1 mm déterminés à l'aide d'analyses STRAP pour chaque strate dans les zones canadienne et française, ainsi que pour générer les distributions de fréquence de longueur des prises. Les tendances relatives à l'abondance déterminées par l'analyse STRAP et par sdmTMB ont été considérées comme comparables et on a de ce fait utilisé STRAP.

Les données sur la hauteur de la coquille ont également été utilisées pour calculer la hauteur moyenne de la coquille (mm) pour toutes les strates combinées de la boîte à pétoncles, ainsi

---

que pour les strates des zones canadienne et française, respectivement. Ces résultats ont été présentés sous forme de graphiques linéaires afin de comparer les tendances.

## MORTALITÉ NATURELLE

La mortalité naturelle du pétoncle d'Islande a été calculée directement sur la série chronologique des relevés à partir de l'occurrence des coquilles floches (Dickie 1955) selon l'équation suivante :

$$M = 1 - e \left( \frac{C}{t} \right) \left( \frac{1}{L} \right) * 365 \quad (\text{Équ. 6})$$

où M = taux de mortalité annuel, C = nombre de coquilles floches dans un échantillon ajusté pour tenir compte de la désarticulation due au trait (nombre de coquilles floches\*1,211; Naidu 1988), L = nombre de pétoncles vivants dans un échantillon et t = temps moyen en jours (210,8) requis pour la désarticulation naturelle des coquilles floches (Mercer 1974).

## RÉSULTATS

### PÊCHE

Aucune pêche n'a été pratiquée entre 1997 et 2016 et des activités très limitées ont eu lieu dans la boîte à pétoncles en 2017 (tableau 1, figure 1). Le TAC total dans la boîte à pétoncles a diminué de 40 % en 2018, passant de 1 650 t à 990 t (297 t attribuées au Canada, 693 t à la France).

### INDICES DE LA BIOMASSE ET DE L'ABONDANCE

#### Biomasse

Le meilleur modèle utilisé pour prédire la biomasse dragable minimale (BDM) dans tout le site d'intérêt n'a révélé aucune tendance préoccupante dans les tracés diagnostiques des résidus calculés à l'aide de la méthode de MCCM (figures 5, 6). Le modèle intégrait des champs aléatoires à la fois spatiaux (figure 7) et spatio-temporels (figure 8). Le champ aléatoire spatial affichait des effets négatifs dans la strate 23, la strate 10, le coin sud-est de la strate 25 et le coin est de la strate 12. Les champs aléatoires spatiaux représentaient des effets latents qui ne varient pas avec le temps (par exemple, les profils de sédiments), et les champs aléatoires spatio-temporels représentaient des effets latents qui varient à la fois dans l'espace et dans le temps (p. ex. les profils de température ou de courant). Les valeurs précises du modèle (p. ex. la portée de Matérn) sont indiquées dans le tableau 4. La densité la plus élevée de pétoncles d'Islande était prévue à des profondeurs d'environ 70 m dans le site d'intérêt de la boîte à pétoncles (figure 9).

Les profils spatiaux de densité de la BDM (figure 10) montraient systématiquement que la densité des pétoncles d'Islande était plus élevée au début des années 1990, en particulier dans les strates 11, 21, 22 et 23. Toutefois, dans les relevés récents, la biomasse des pétoncles était faible dans toute la zone des relevés. Comme on pouvait s'y attendre, la plus grande incertitude dans la surface de prédiction de la biomasse se situait dans les zones les moins étudiées tout au long de la série chronologique (c.-à-d. les strates 10 et 25) et les années où les relevés comportaient le moins de calées (p. ex. 2017 et 2023; figure 11).

L'indice de la BDM dérivé du modèle était comparable aux indices estimés avec les méthodes STRAP et Ogmep dans les principales strates commerciales et lorsque les données étaient constamment disponibles tout au long de la série chronologique des relevés (strates 11 et 12,

---

21 à 23; figure 12, tableau 5), en particulier pour les années les plus récentes. Au cours des années de relevé de 1990 à 1998, les estimations de la BDM dérivées du modèle étaient plus élevées que celles produites à l'aide des méthodes STRAP et Ogmap. Cependant, les intervalles de confiance se chevauchaient toujours, sauf en 1993, et la tendance générale de la série chronologique est demeurée constante d'une méthode à l'autre.

L'estimation de la BDM dérivée du modèle de 2023, soit 1 000 tonnes pour la zone totale de la boîte à pétoncles (y compris les strates 10 à 12 et 21 à 25), compte parmi les plus faibles de la série chronologique des relevés et révèle une diminution d'environ 45 % par rapport au total de 1 800 tonnes en 2017 (tableau 6, figure 13). Cette diminution a été causée par une baisse des estimations de la BDM dans les zones canadienne et française, avec une diminution de 45 à 50 % depuis le dernier relevé, en 2017 (figures 13 et 14). Pendant la série chronologique, la BDM était la plus élevée au début des années 1990. Elle a ensuite atteint un creux de 1 300 tonnes en 1998, puis a augmenté en 2005 et en 2009, principalement en raison de l'augmentation de la BDM dans la zone canadienne (tableau 6, figure 13). Les principales strates commerciales (11 et 12, 21 à 23; figure 3) représentent 80 à 90 % de toute la BDM de pétoncles d'Islande dans la boîte à pétoncles. La BDM dans les principales strates commerciales est passée de 1 570 tonnes en 2017 à 800 tonnes en 2023 (tableau 6, figures 12 et 14).

## **Abondance**

Le meilleur modèle utilisé pour prédire l'abondance du pétoncle d'Islande dans le site d'intérêt n'a révélé aucun profil préoccupant dans les résidus dérivés de la méthode de MCCM (figures 15, 16). Le modèle intégrait l'anisotropie, les portées de Matérn étant estimées séparément pour les champs aléatoires (figure 19, tableau 4) spatiaux (figure 17) et spatio-temporels (figure 18). Le champ aléatoire spatial affichait des effets négatifs aux limites nord et ouest de la strate 23, dans le coin sud-est de la strate 25 et dans la strate 10. Le graphique de l'effet conditionnel de la profondeur montre bien que la plus grande abondance de pétoncles d'Islande est prévue à des profondeurs d'environ 70 m dans le site d'intérêt de la boîte à pétoncles (figure 20). Comme dans le modèle de la BDM, la plus grande incertitude dans la surface de prédiction de la biomasse se situait dans les zones les moins étudiées (c.-à-d. les strates 10 et 25) et les années où les relevés comportaient le moins de calées (p. ex. 2017 et 2023; figure 21).

Les indices de l'abondance dérivés de la méthode STRAP, d'Ogmap et du modèle étaient comparables et leurs intervalles de confiance se chevauchaient, sauf en 1993. Cette année, l'estimation de l'abondance dérivée du modèle était considérablement plus élevée que les estimations dérivées de la méthode STRAP et d'Ogmap (figure 22).

Les tendances relatives à l'abondance tout au long de la série chronologique des relevés sont semblables à celles de la BDM, avec les chiffres les plus élevés au début des années 1990, une diminution en 1998, puis une augmentation en 2005 et en 2009. Depuis, l'abondance du pétoncle d'Islande a baissé jusqu'au niveau le plus bas de la série chronologique des relevés en 2023. Cette diminution est attribuable à une baisse de l'abondance dans les zones canadienne et française, avec une chute de 45 % depuis 2017 (figure 23).

## **RENDEMENTS EN CHAIR ET QUANTITÉ DE CHAIR**

Les rendements biologiques en chair ont été estimés pour les échantillons prélevés dans les strates 11, 12, 22 et 25 dans le relevé d'évaluation des ressources de 2023. Dans l'ensemble, le rendement en chair a peu évolué au cours des derniers relevés avec 11,5 % en 2009, 11,2 % en 2017 et 10,8 % en 2023 (figure 24, tableau 3).

---

La quantité de chair d'après les relevés canadiens est passée de 68 chairs/500 g en 2009 à 85 chairs/500 g en 2017, puis a diminué à 75 chairs/500 g en 2023 (figure 25). La légère diminution du nombre de chairs en 2023 par rapport à 2017 indique peu de changement dans le rendement en chair et dans la taille des pétoncles dans les zones désignées.

## STRUCTURE SELON LA TAILLE

Les distributions de fréquence de longueur (hauteur de la coquille) pour les strates combinées dans les zones canadienne (strates 10 et 12) et française (strates 22 à 25) révélaient peu de changement apparent, la hauteur moyenne de la coquille étant constamment proche de 80 mm sur toute la série chronologique des relevés (figure 26, tableau 7). Les pétoncles dans la zone canadienne étaient plus gros que ceux observés dans la zone française, où la hauteur moyenne de la coquille était proche de 70 mm en 2017 et en 2023 (figure 27, tableau 7).

L'abondance à la longueur était la plus élevée en 2005 et 2009, et les pétoncles d'Islande de petite taille étaient plus abondants dans la zone française que dans la zone canadienne en 2009, 2017 et 2023 (figure 27). Il était également évident que l'abondance globale a diminué dans toute la fourchette de tailles dans les deux zones.

## MORTALITÉ NATURELLE

L'indice global de la mortalité naturelle a progressivement augmenté entre 1992 et 1996, passant de 0,19 à 0,52, avant de culminer à 0,88 en 1998. Depuis, l'indice de la mortalité est retombé à 0,12 et 0,07 en 2009 et 2017, respectivement, et a ensuite augmenté pour atteindre 0,18 en 2023 (figure 28, tableau 8). Cette augmentation de la mortalité naturelle est probablement associée à l'augmentation de la BDM des étoiles de mer prédatrices.

## PRÉDATION

Pendant la première moitié des années 1990, la forte abondance des étoiles de mer prédatrices a contribué à la mortalité élevée du pétoncle d'Islande dans la boîte à pétoncles (Lawrence *et al.* 1997; Naidu *et al.* 2001). La biomasse de toutes les espèces d'étoiles de mer a culminé à 1 600 tonnes (BDM) en 1998, alors que la biomasse du pétoncle d'Islande était à son niveau le plus bas (figure 29). Dans la boîte à pétoncles, la biomasse des espèces d'étoiles de mer prédatrices (*Leptasterias polaris*, *Crossaster papposus* et *Solaster endeca*) a augmenté de 1993 à 1998, puis a diminué jusqu'au niveau le plus bas de la série chronologique des relevés en 2017, soit 315 tonnes, avant de se redresser de plus de 50 % (jusqu'à 686 tonnes) en 2023.

## CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCOSYSTÈME

Les conditions de l'écosystème marin démontrent une productivité globale limitée de la communauté des poissons et des mollusques et crustacés dans la sous-division 3Ps de l'OPANO. L'écosystème a subi des changements structurels, avec une dominance accrue des espèces d'eaux chaudes à partir de 2010. Au cours des dernières années (de 2019 à 2022), les indicateurs écosystémiques indiquent une possible amélioration des conditions.

La température de la surface de la mer en 2023 dans la sous-division 3Ps de l'OPANO était la deuxième plus chaude jamais enregistrée (record en 2022). Les températures au fond étaient revenues à la normale après les niveaux records de chaleur de 2021 et 2022. Ce climat plus chaud correspondait à l'amélioration des conditions constatée aux niveaux trophiques inférieurs, notamment l'augmentation des concentrations de chlorophylle-*a*, les efflorescences printanières plus précoces ainsi que l'augmentation de l'abondance et de la biomasse du zooplancton.

---

## CONCLUSIONS

L'estimation de 1 000 tonnes pour la BDM en 2023 est l'une des plus faibles de la série chronologique des relevés, soit une diminution d'environ 45 % depuis 2017, et s'établit à 8 % de la moyenne du début des années 1990. Le nombre de chairs de pétoncle par 500 g (c.-à-d. la quantité moyenne de chair) demeure près du pic de la série chronologique des relevés, ce qui indique que la chair des pétoncles est plus petite. La mortalité naturelle a fortement augmenté depuis le dernier relevé en 2017, mais reste bien en deçà du pic de la série chronologique des relevés. La biomasse des étoiles de mer prédatrices correspond généralement aux niveaux de mortalité naturelle, avec une tendance à la hausse.

Il n'existe actuellement aucun point de référence établi permettant de déterminer l'état des stocks par rapport à un cadre de l'approche de précaution. Pour cette ressource, la surveillance est limitée et il n'y a pas de relevé annuel d'évaluation des ressources, les relevés étant espacés dans le temps (3 à 4 ans); les données sont donc limitées pour évaluer la ressource ou estimer des points de référence aux fins d'un cadre de l'approche de précaution.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Akaike, H. 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. *In*: Second International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapest. pp. 267–281.
- Anderson, S.C. 2023. sdmTMBextra: Extra functions for working with 'sdmTMB' models. R package version 0.0.1.
- Anderson, S.C., Ward, E.J., English, P.A., Barnett, L.A.K., and Thorson, J.T. 2024. [sdmTMB: An R Package for Fast, Flexible, and User-Friendly Generalized Linear Mixed Effects Models with Spatial and Spatiotemporal Random Fields](#). bioRxiv: 2022–03.
- Chopin, N. 2009. [Approximate Bayesian Inference for Latent Gaussian Models by using Integrated Nested Laplace Approximations](#). J. Royal Stat. Soc. Ser. B: Stat. Method. 71(2): 319–392.
- Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques. Third Edition. John Wiley & Sons, Toronto, 428 p.
- Coughlan, E., Hynick, E. et Skanes, K. 2021. [Statut du pétoncle d'Islande \(\*Chlamys islandica\*\) dans la zone transfrontalière franco-canadienne \(boîte à pétoncles\) du banc de Saint-Pierre en 2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/071. iv + 20 p.
- DFO. 2001. [Iceland Scallop in Newfoundland and Labrador](#). DFO Sci. Stock Status Rep. C2-07(2001).
- Dickie, L.M. 1955. Fluctuations in Abundance of the Giant Scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), in the Digby Area of the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Board Can. 12(6): 707–856.
- Evans, G.T. 2000. [Local estimation of probability distribution and how it depends on covariates](#). DFO Can. Stock Asses. Sec. Res. Doc. 2000/120. 11 p.
- Garcia, E.G. 2006. [The Fishery for Iceland Scallop \(\*Chlamys islandica\*\) in the Northeast Atlantic](#). Adv. Mar. Biol. 51: 1–55.
- ICES. 2022. [Benchmark workshop on \*Pandalus\* stocks \(WKPRAWN\)](#). ICES Sci. Rep.
- IOC, IHO, BODC. 2023. The GEBCO\_2023 Grid.

- 
- Lawrence, J.H., Naidu K.S., and Mahé J.C. 1997. The development of a plague of *Crossaster papposus* and *Leptasterias polaris* (Echinodermata: Asteroidea) on the St. Pierre Bank, Grand Banks of Newfoundland (1989-96) and its effects on the Iceland Scallop. Abstract only. 4<sup>th</sup> Intl. Temperate Reef Symposium, 1997.
- Mercer, M.C. 1974. Natural mortality of the Iceland scallop (*Chlamys islandica*) in the Gulf of St. Lawrence. ICES C.M. 1974/K7: 11 p.
- MPO. 2010. [Évaluation du stock de pétoncles d'Islande de la zone transfrontalière franco-canadienne du banc de Saint-Pierre](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/054.
- NAFO. 2022. Report of the Scientific Council Meeting. NAFO Scientific Council Studies. Serial No. N7322(22/18).
- Naidu, K.S., F.M. Cahill, and D.B. Lewis. 1983. [Scallop Survey in NAFO Division 3Ps \(including Green, St. Pierre and Burgeo Banks\)](#). CAFSAC Res. Doc. 83/4. 27 p.
- Naidu, K.S. 1988. Estimating Mortality Rates in the Iceland Scallop, (*Chlamys islandica* O.F. Muller). J. Shellfish Res. 7(1): 61–71.
- Naidu, K.S., F.M. Cahill, and E.M. Seward. 2001. [The Scallop Fishery in Newfoundland and Labrador Becomes Beleaguered](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/064. 55 p.
- Rue, H., and Held, L. 2005. [Gaussian Markov Random Fields: Theory and Applications](#). J. Royal Stat. Soc. Ser. A: Stat. Soc. 170(3): 858.
- Smith, S.J. and G.D. Somerton. 1981. STRAP: A user-oriented computer analysis system for groundfish research trawl survey data. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1030: iv + 66 p.

## TABLEAUX

*Tableau 1. Total autorisé des captures (TAC) et prélèvements de pétoncle d'Islande dans la partie nord du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO). Remarque : Les années 2017 et 2018 n'ont pas été présentées, car les directives de la règle des cinq s'appliquent à ces années.*

	Canada	TAC (t, poids brut)	Total	Canada	Prélèvements (t, poids brut)	Total	En dehors de la boîte à pétoncles
		France			France		Prélèvements
	Aucune distinction entre les zones canadienne et française Litige frontalier porté devant une cour internationale			36	0	36	0
				507	0	507	0
755				0	755	0	
			5 967	0	5 967	0	
Décision sur la frontière internationale en juin 1992							
1993	-	-	-	0	0	0	667
1994	-	-	-	0	0	0	440
1995	840	1 960	2 800	230	0	230	831
1996	975	2 275	3 250	158	148	306	302
1997	630	1 470	2 100	4	118	122	5 245
1998	630	1 470	2 100	0	0	0	2 792
1999	30	70	100	0	0	0	1 198
2000	30	70	100	0	0	0	1 148
2001	120	280	400	0	0	0	498
2002	120	280	400	0	0	0	478
2003	120	280	400	0	0	0	87
2004	120	280	400	0	0	0	38
2005	120	280	400	0	0	0	1 992
2006	495	1 155	1 650	0	0	0	136
2007	495	1 155	1 650	0	0	0	6
2008	495	1 155	1 650	0	0	0	3
2009	495	1 155	1 650	0	0	0	2
2010	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2011	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2012	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2013	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2014	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2015	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2016	495	1 155	1 650	0	0	0	-
2017	495	1 155	1 650		0	0	-
2018	297	693	990	-	-	-	-
2019	297	693	990	0	-	-	-
2020	297	693	990	0	-	-	-
2021	297	693	990	0	-	-	-
2022	297	693	990	0	-	-	-
2023	297	693	990	0	-	-	-

*Tableau 2. Répartition des calées des relevés par strate, superficie et intensité de la couverture dans le relevé d'évaluation des ressources de 2023 pour le pétoncle d'Islande dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO).*

Strate	Profondeur moyenne (m)	Superficie (mille marin <sup>2</sup> )	Nombre de calées réalisées	Nombre de calées/mille marin <sup>2</sup>
10	67,3	17,9	3	0,17
11	72,2	51,6	18	0,35

Strate	Profondeur moyenne (m)	Superficie (mille marin <sup>2</sup> )	Nombre de calées réalisées	Nombre de calées/mille marin <sup>2</sup>
12	50,9	38,6	13	0,34
21	78,6	13,6	4	0,22
22	50,2	60,0	19	0,32
23	81,0	23,8	10	0,42
24	72,2	17,0	4	0,24
25	55,1	46,6	10	0,19
Total	70,3	269,1	81	0,50

*Tableau 3. Rendements biologiques en chair, poids moyen de chair et quantité de chair de pétoncle d'Islande dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) sur la série chronologique des relevés (de 1996 à 2023).*

Année	Strate	Taille de l'échantillon	Poids total (kg)	Poids de chair (g)	Rendement (%)	Poids moyen de chair (g)	Quantité de chair (nbre/500 g)
1996	11	310	20,87	2 407	11,53	7,8	64,4
	22	504	33,75	4 520	13,39	9	55,8
	25	79	7,3	1 022	14	12,9	38,6
	Total	893	61,92	7 949	12,84	8,9	56,2
2005	11	118	8,44	1 172	13,9	9,9	50,3
2009	11	250	18,13	1 814	10,01	7,26	69
	12	50	3,59	490	13,8	9,8	51
	22	100	5,91	706	11,9	7,06	71
	23	50	2,09	304	14,6	6,08	82
	Total	800	29,72	3 314	11,2	7,36	68
2017	12	30	1,94	216	11	7,1	69
	22	50	2,56	252	9,8	5,0	99
	23	145	6,93	850	12	5,7	85
	Total	225	11,43	1 318	11,5	5,9	85,4
2023	11	134	9,7	985,2	10,2	7,35	68
	12	80	7,1	799,5	11,3	9,99	50
	22	184	8,12	922,6	11,4	5,01	99,7
	25	94	5,26	557,6	10,6	5,93	84,3
	Total	492	30,18	3 264,9	10,8	6,64	75,3



Tableau 4. Résultats du pétoncle d'Islande dans les modèles additifs mixtes généralisés spatio-temporels de la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO).

Paramètres	Modèle de biomasse	Modèle d'abondance
Portée de Matérn (km)	8,3	Spatial : 5,9 à 20,3 @ 154° Spatio-temporel : 3,0 à 10,5 @ 154°
Tweedie p	1,70	1,67
ET spatial	1,63	1,80
ET spatio-temporel	1,46	1,66

Tableau 5. Estimations de la biomasse dragable minimale (BDM) dérivées de sdmTMB (modèle), d'Ogmap et de l'analyse STRAP pour les principales strates commerciales et les strates échantillonnées régulièrement (11, 12, 21, 22 et 23) de la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO), d'après les données des relevés canadiens d'évaluation des ressources, y compris le relevé conjoint Canada-France en 2005. Remarque : IC\_Inférieur (intervalle de confiance à 95 % inférieur); IC\_Supérieur (intervalle de confiance à 95 % supérieur).

Année	Principales strates commerciales (11, 12, 21, 22, 23)								
	Modèle sdmTMB			Ogmap			STRAP		
	BDM – Estimation de la biomasse (en milliers de tonnes)	IC Inférieur	IC Supérieur	BDM – Estimation de la biomasse (en milliers de tonnes)	IC Inférieur	IC Supérieur	BDM – Estimation de la biomasse (en milliers de tonnes)	IC Inférieur	IC Supérieur
1990	9,61	6,98	13,23	7,24	5,61	10,3	9,77	6,36	13,18
1991	11,19	8,29	15,10	8,01	5,95	10,1	8,78	6,234	11,32
1992	13,01	9,87	17,15	8,17	5,94	10,7	9,58	7,05	12,112
1993	8,34	6,53	10,66	5,08	3,71	6,27	4,67	3,637	5,696
1996	2,99	2,03	4,38	1,92	1,24	2,68	2,62	1,831	3,41
1998	1,21	0,75	1,94	0,606	0,33	0,832	0,92	0,594	1,25
2005	1,93	1,48	2,52	2,21	1,64	2,81	2,05	1,13	2,975
2009	2,20	1,64	2,95	2,24	1,34	2,87	2,73	1,694	3,758
2017	1,57	0,83	2,98	0,891	0,56	1,34	1,13	1,838	4,151
2023	0,80	0,49	1,31	0,489	0,35	0,671	0,6	0,305	0,886

Tableau 6. Estimations de la biomasse dragable minimale (BDM) dérivées du modèle spatio-temporel pour toutes les strates de la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO; y compris les strates 10, 11, 12, 21, 22, 23, 24 et 25) et les principales strates commerciales (d'après les données des relevés canadiens d'évaluation des ressources, y compris le relevé conjoint Canada-France en 2005). Remarque : IC\_Inférieur (intervalle de confiance à 95 % inférieur); IC\_Supérieur (intervalle de confiance à 95 % supérieur).

Année	Modèle sdmTMB						
	boîte à pétoncles (strates 10 à 12; 21 à 25)			Principales strates commerciales (strates 11 et 12; 21 à 23)			
	BDM – Estimation de la biomasse (en milliers de tonnes)	IC_Inférieur	IC_Supérieur	BDM – Estimation de la biomasse (en milliers de tonnes)	IC_Inférieur	IC_Supérieur	% de la totalité de la BDM des strates commerciales
1990	10,53	7,75	14,31	9,61	6,98	13,23	91
1991	12,83	9,41	17,51	11,19	8,29	15,10	87
1992	14,93	11,31	19,69	13,01	9,87	17,15	87
1993	10,26	7,99	13,18	8,34	6,53	10,66	81
1996	3,20	2,21	4,63	2,99	2,03	4,38	93
1998	1,33	0,84	2,10	1,21	0,75	1,94	91
2005	2,20	1,69	2,85	1,93	1,48	2,52	88
2009	2,45	1,84	3,25	2,20	1,64	2,95	90
2017	1,84	1,02	3,30	1,57	0,83	2,98	86
2023	1,00	0,64	1,57	0,80	0,49	1,31	80

Tableau 7. Hauteur de la coquille (mm) des pétoncles d'Islande sur la série chronologique des relevés (1998, 2005, 2009, 2017 et 2023) dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO; dans les zones respectives du Canada et de la France) avec les intervalles de confiance à 95 %.

Zone	Année	Taille de l'échantillon	Hauteur moyenne de la coquille	Hauteur maximale de la coquille	Hauteur minimale de la coquille	IC supérieur	IC inférieur
Canada	1998	383	74,51	75,34	73,68	0,83	0,83
	2005	905	79,63	80,16	79,11	0,52	0,52
	2009	836	79,31	79,84	78,79	0,52	0,52
	2017	281	79,26	80,34	78,18	1,08	1,08
	2023	353	81,26	82,31	80,22	1,04	1,04
France	1998	824	71,16	72,06	70,25	0,91	0,91
	2005	271	73,61	75,09	72,12	1,49	1,49
	2009	958	65,33	66,13	64,54	0,80	0,80
	2017	254	69,61	70,70	68,53	1,09	1,09
	2023	428	71,40	72,39	70,41	0,99	0,99

Tableau 8. Estimations de la mortalité naturelle par strate pour le pétoncle d'Islande dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO), calculées à partir du rapport entre le nombre de coquilles floches et le nombre de pétoncles vivants. Le nombre de coquilles floches est ajusté par un facteur de 1,221 pour tenir compte de la désarticulation due au trait.

Strate	1996	1998	2005	2009	2017	2023
<b>10</b>	0,02	0,00	0,00	-	-	-
<b>11</b>	0,16	0,22	0,14	0,14	0,06	0,08
<b>12</b>	0,00	0,00	0,19	0,18	0,21	0,30
-	-	-	-	-	-	-
<b>21</b>	0,34	0,00	0,00	0,19	0,00	0,24
<b>22</b>	0,59	0,97	0,49	0,10	0,15	0,26
<b>23</b>	0,00	0,45	0,31	0,04	0,02	0,23
<b>24</b>	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>25</b>	0,89	1,00	0,15	0,11	0,09	0,23
<b>Globale</b>	0,50	0,88	0,21	0,12	0,07	0,1834

## FIGURES

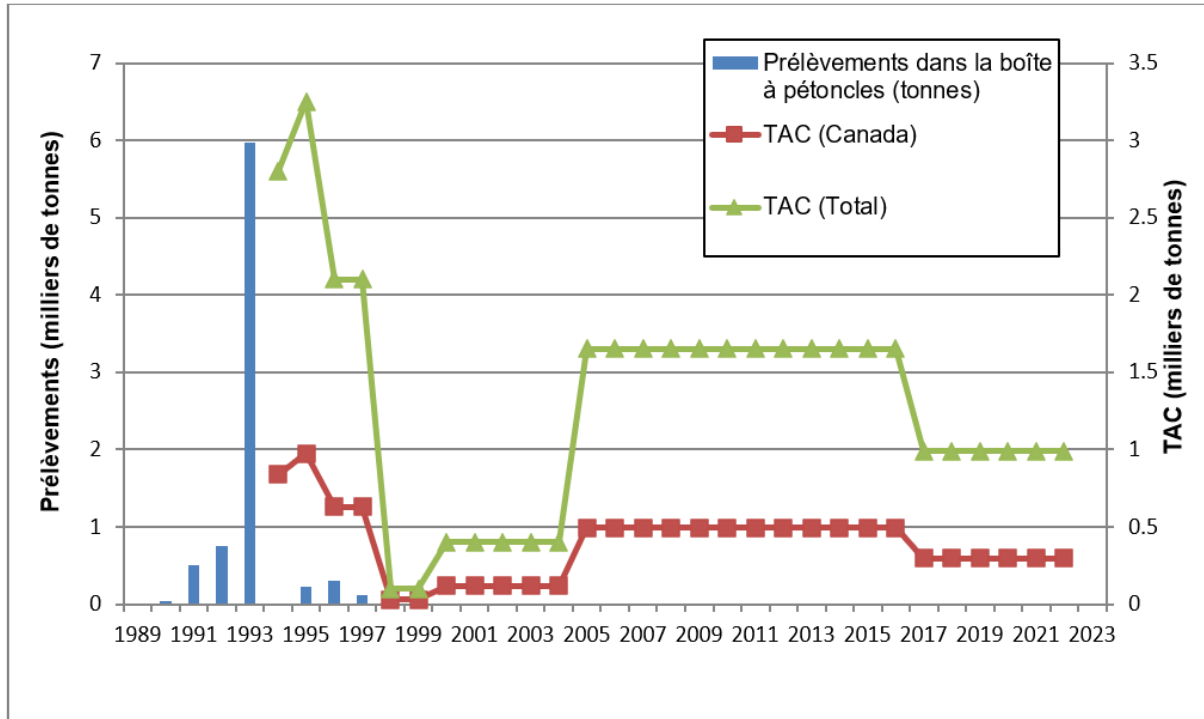


Figure 1. TAC totaux, TAC canadiens et prélèvements totaux pour le pétoncle d'Islande dans la partie nord (zone transfrontalière franco-canadienne [boîte à pétoncles]) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO).

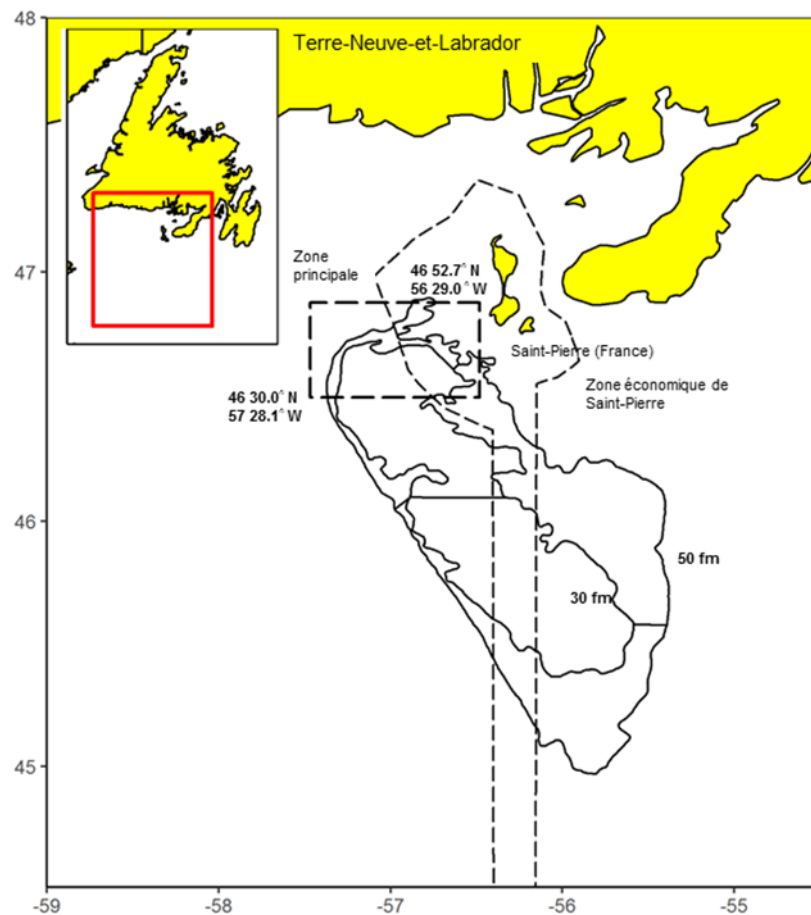


Figure 2. Partie nord du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) montrant la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) et la zone économique exclusive (ZEE) française.

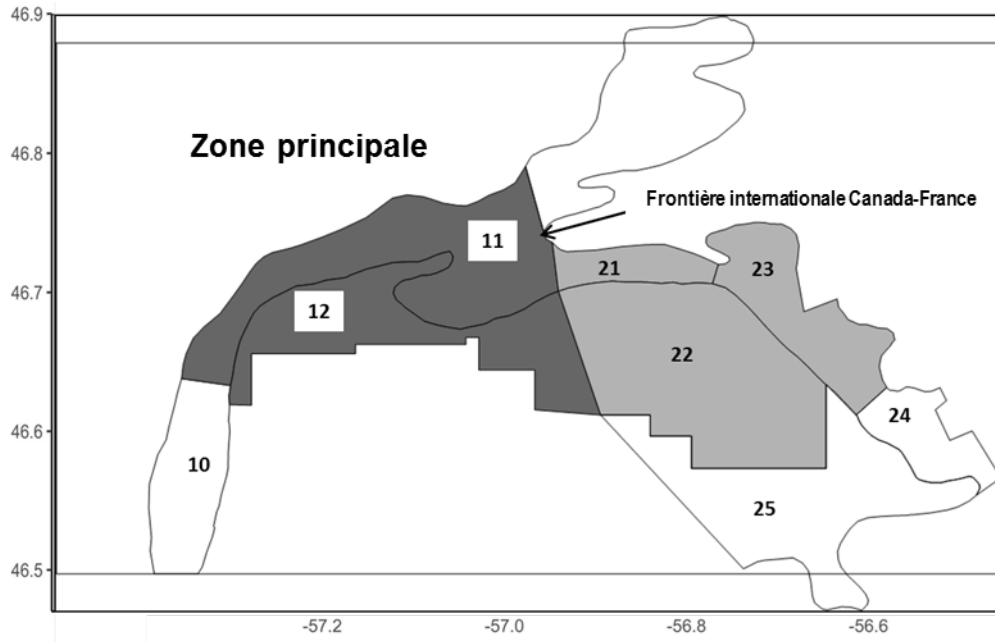


Figure 3. Carte des strates de la partie nord du banc de Saint-Pierre, mettant en évidence les principales strates « commerciales » pour le pétoncle d'Islande dans la zone canadienne (strates 11, 12) et la zone française (strates 21, 22, 23), avec ombrage de la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO).

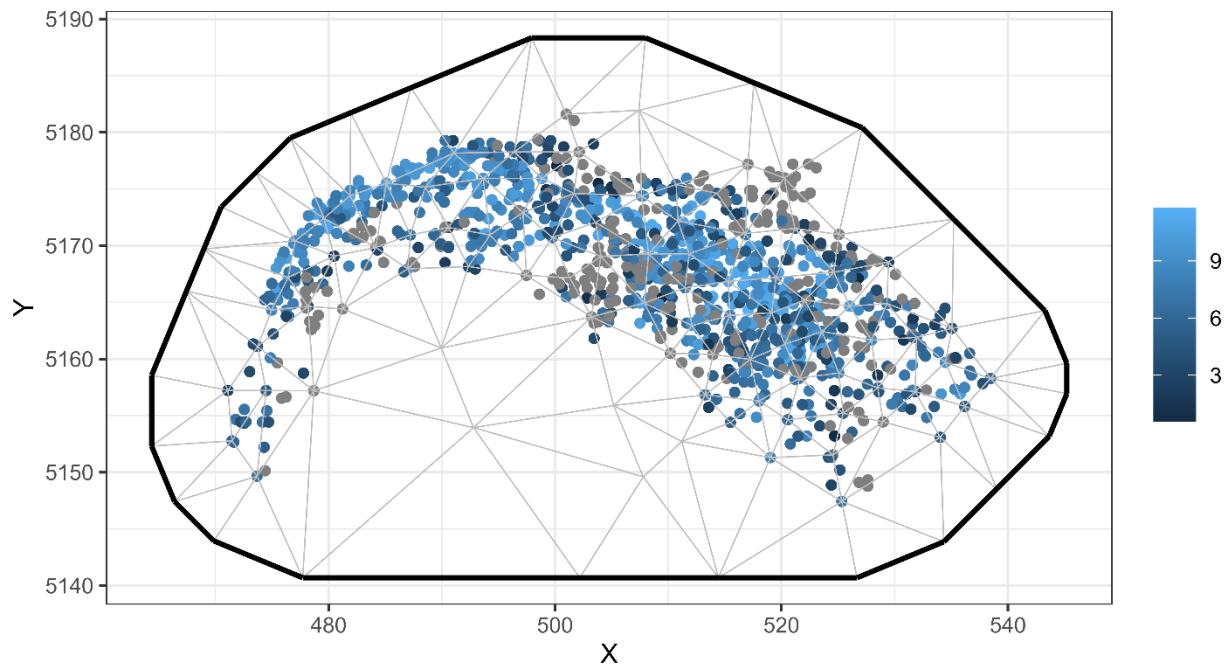


Figure 4. Maille de l'équation différentielle partielle stochastique (EDPS) utilisée pour ajuster le modèle spatio-temporel. Les points représentent les taux de prise enregistrés (kg/km<sup>2</sup>) de pétoncles d'Islande pendant les relevés canadiens d'évaluation des ressources.

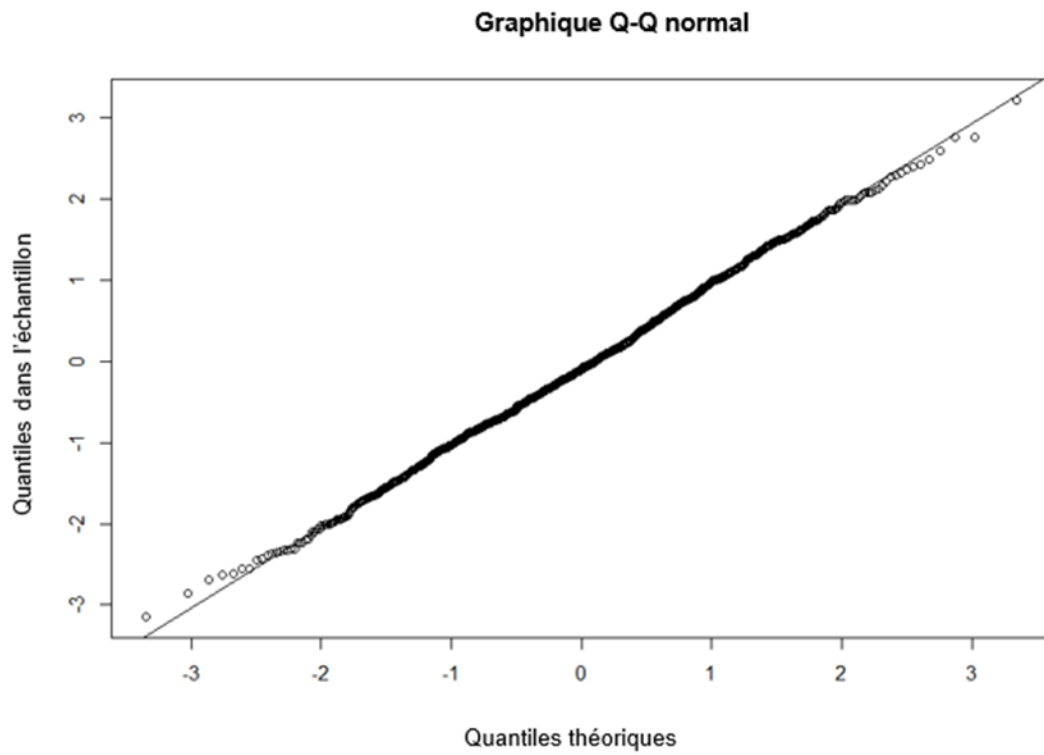


Figure 5. Graphique quantile-quantile (Q-Q) du modèle spatio-temporel de BDM du pétoncle d'Islande.

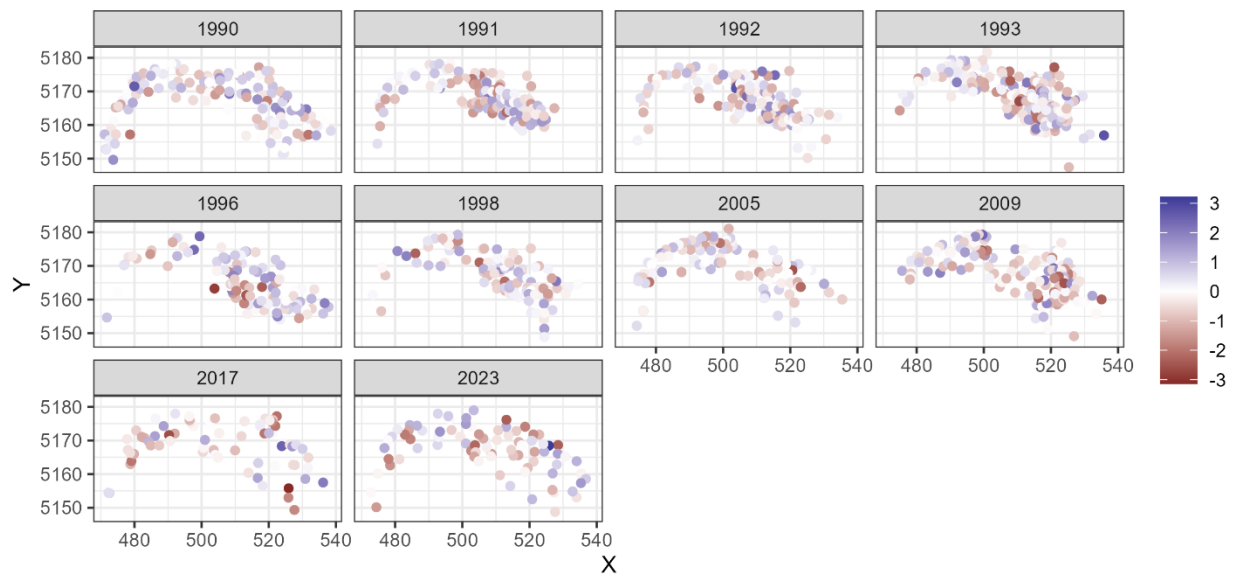


Figure 6. Profil spatial annuel des résidus d'après le modèle spatio-temporel de BDM du pétoncle d'Islande.

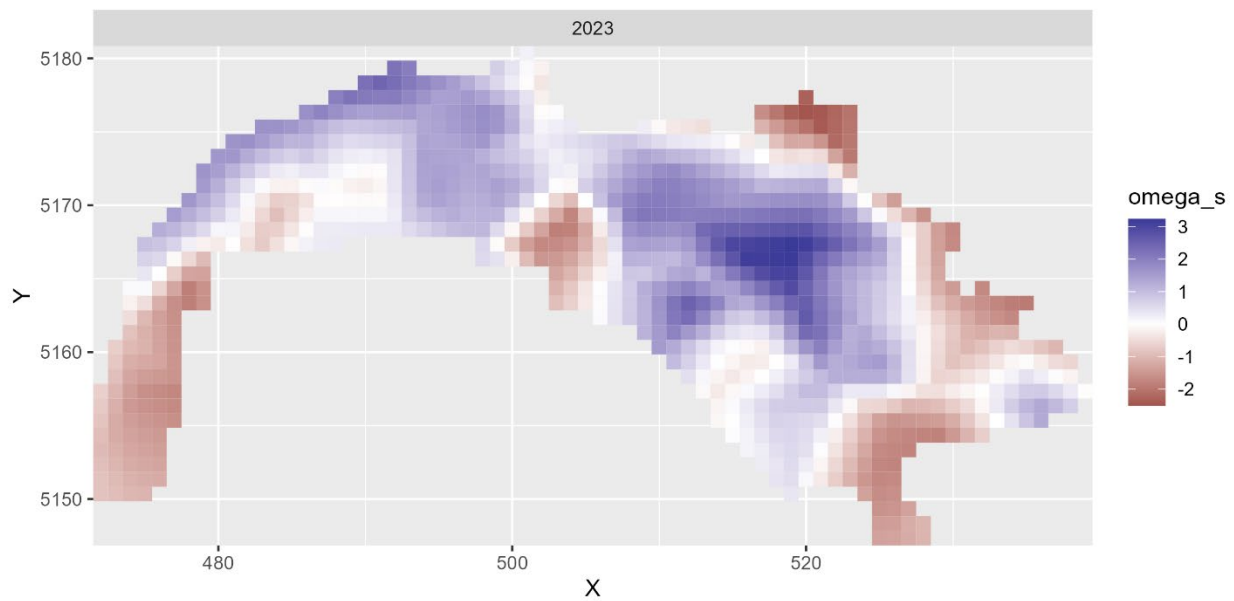


Figure 7. Effets aléatoires spatiaux du modèle spatio-temporel de biomasse pour le pétoncle d'Islande dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO). Comme les effets aléatoires spatiaux ne varient pas selon les années, une seule année (2023) est représentée.

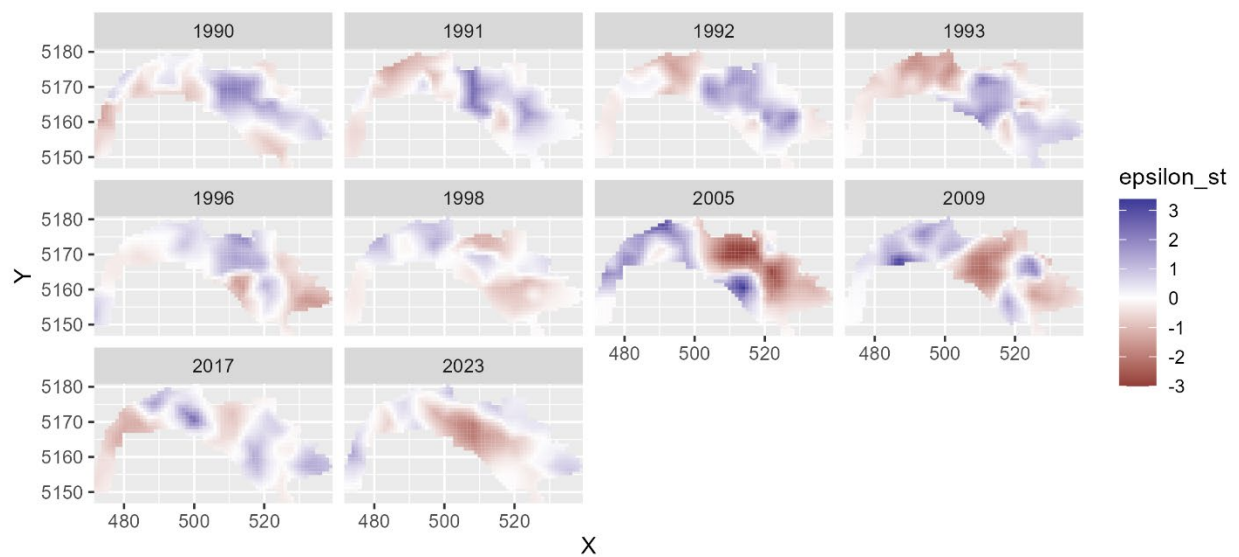


Figure 8. Effets aléatoires spatio-temporels du modèle spatio-temporel de BDM pour le pétoncle d'Islande.



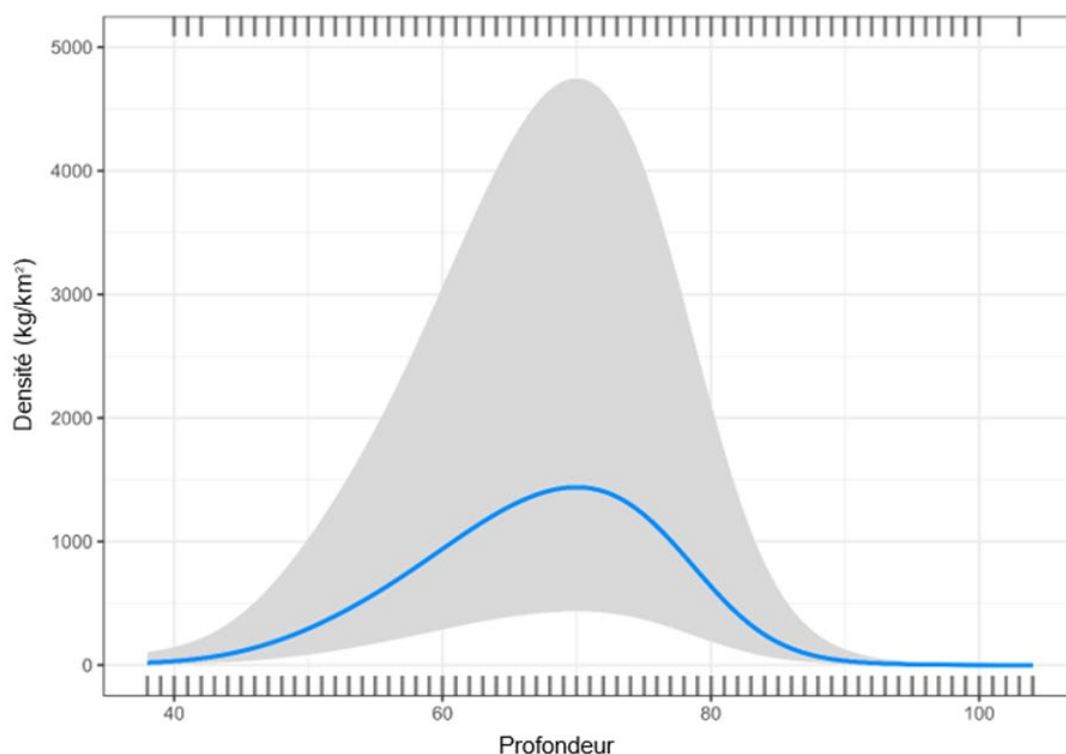


Figure 9. Graphique de l'effet conditionnel de la profondeur et de la densité ( $\text{kg/km}^2$ ) du pétoncle d'Islande d'après le modèle spatio-temporel de BDM. L'intervalle de confiance (ombré) inclut l'incertitude associée à l'interception.

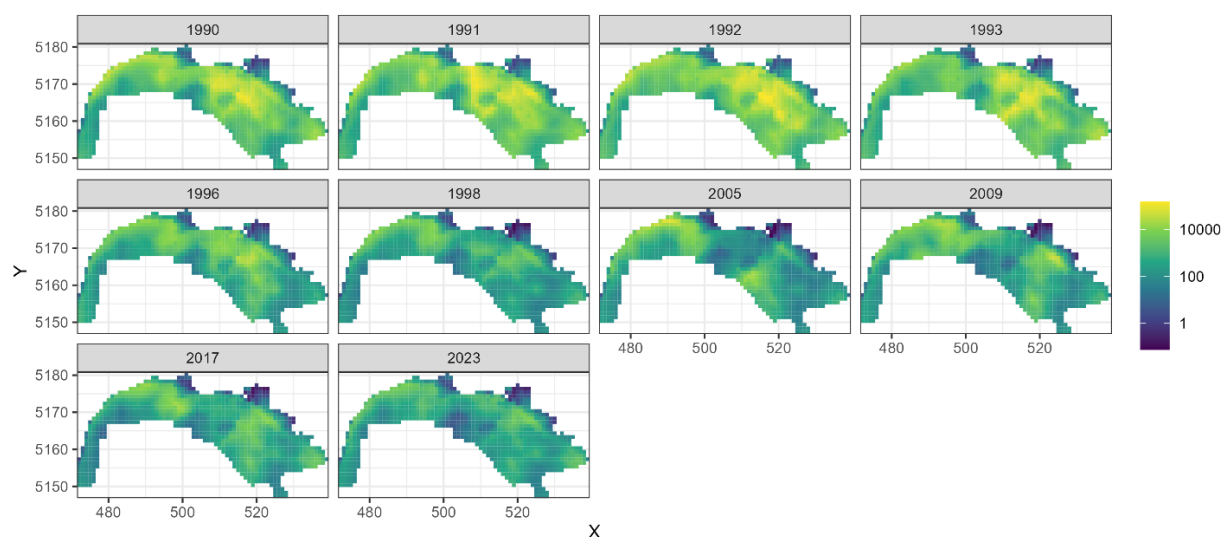


Figure 10. Densité prédite ( $\text{kg/km}^2$ ) de pétoncles d'Islande dans tout le site d'intérêt de la boîte à pétoncles (banc de Saint-Pierre; sous-division 3Ps de l'OPANO) d'après le modèle spatio-temporel de BDM.

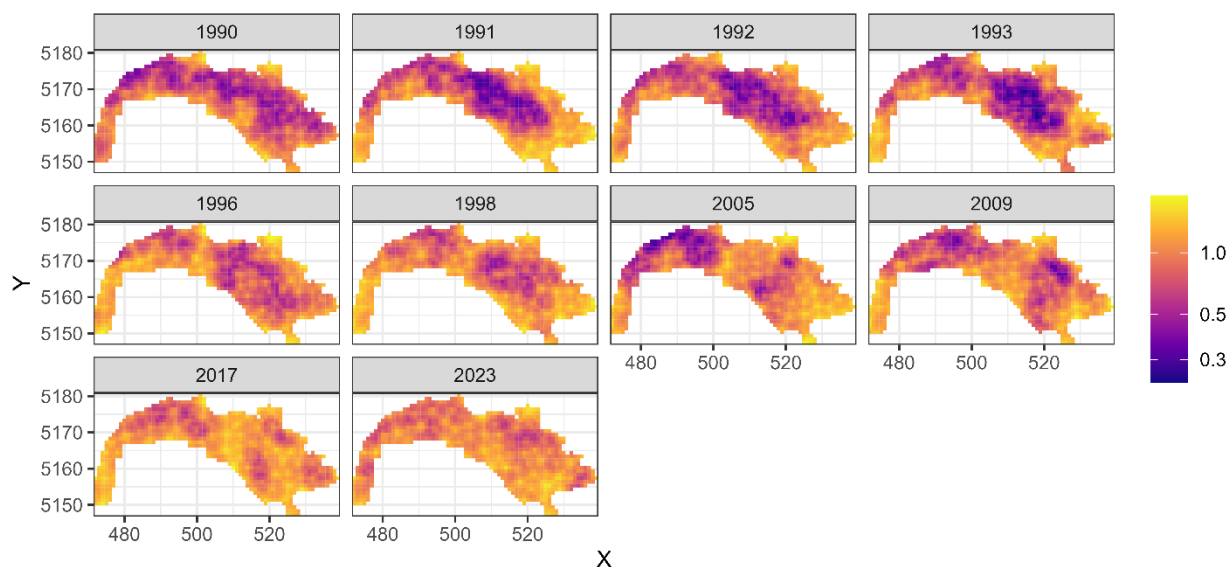


Figure 11. Profils spatiaux de l'erreur-type associée aux prévisions du modèle spatio-temporel de biomasse pour le pétoncle d'Islande.

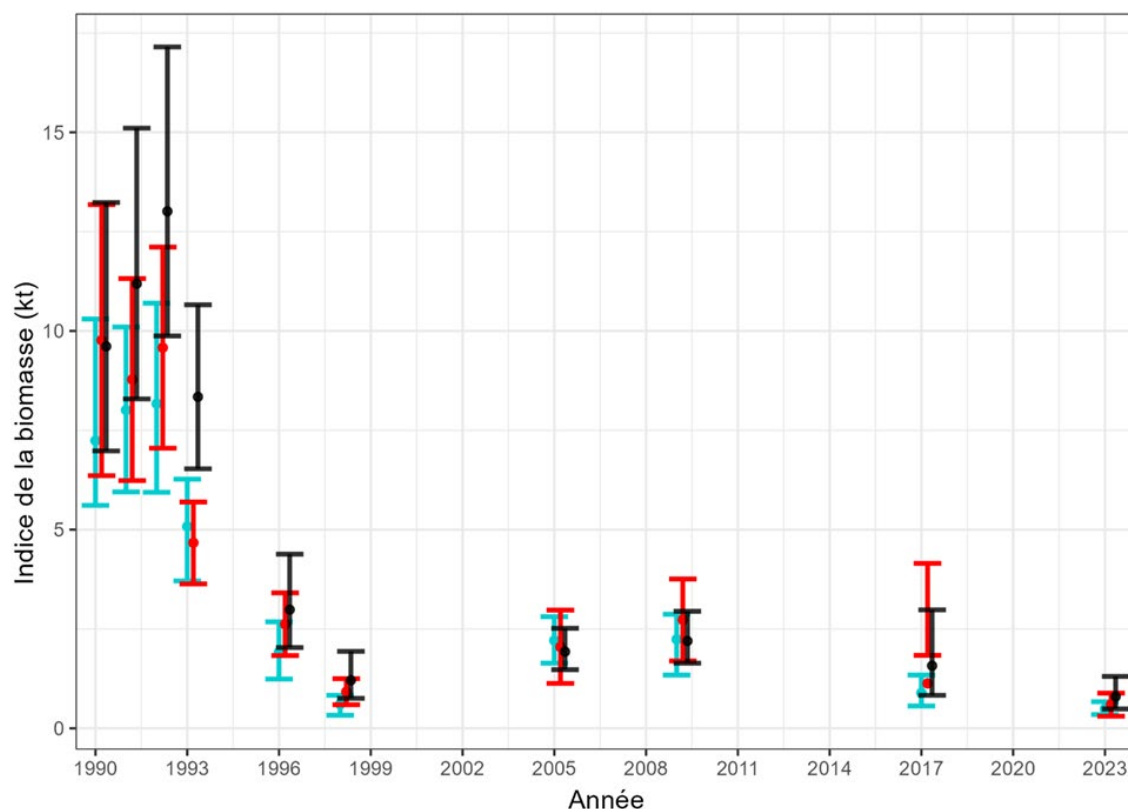


Figure 12. Comparaison des estimations de la biomasse dragable minimale (BDM) du pétoncle d'Islande tirées du modèle (en noir), de la méthode STRAP (en rouge) et d'Ogmap (en turquoise) dans les strates échantillonnées régulièrement et les principales strates commerciales (11 et 12, 21 à 23), avec des intervalles de confiance à 95 %. Cette source de données est fondée sur les relevés canadiens d'évaluation des ressources qui ont eu lieu de 1990 à 2023.

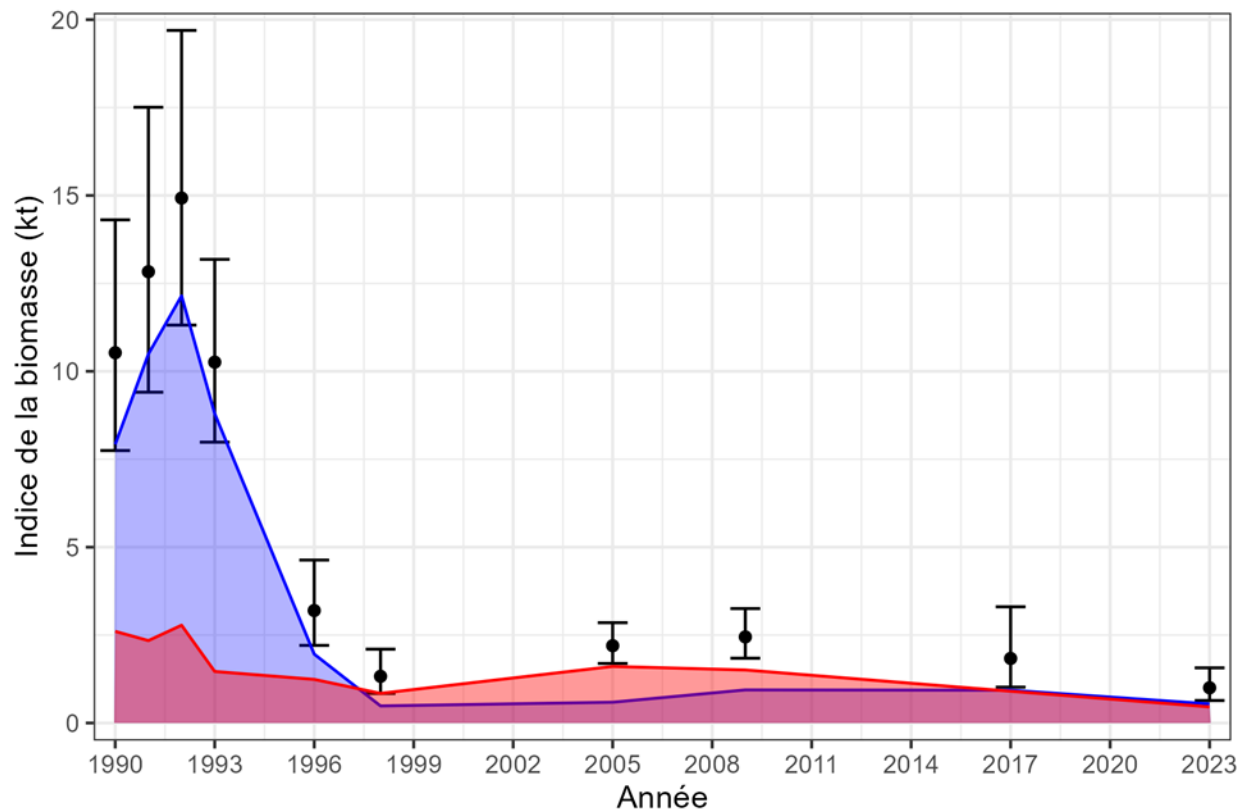


Figure 13. Indices de la BDM du pétoncle d'Islande (en kilotonnes) dérivés du modèle dans la boîte à pétoncles (strates 10 à 12, 21 à 25). Les points représentent les estimations de la biomasse prévue pour tout le site d'intérêt et les barres représentent les limites de confiance à 95 % autour de ces estimations. La zone ombrée en bleu représente les estimations de la biomasse dans les eaux françaises (strates 21 à 25) et la zone ombrée en rouge, les estimations de la biomasse dans les eaux canadiennes (strates 10 à 12). Bien que les zones ombrées soient remplies tout au long de la série chronologique, il n'y a pas d'estimation de la biomasse pour les années non couvertes par le relevé (p. ex. de 1999 à 2004).

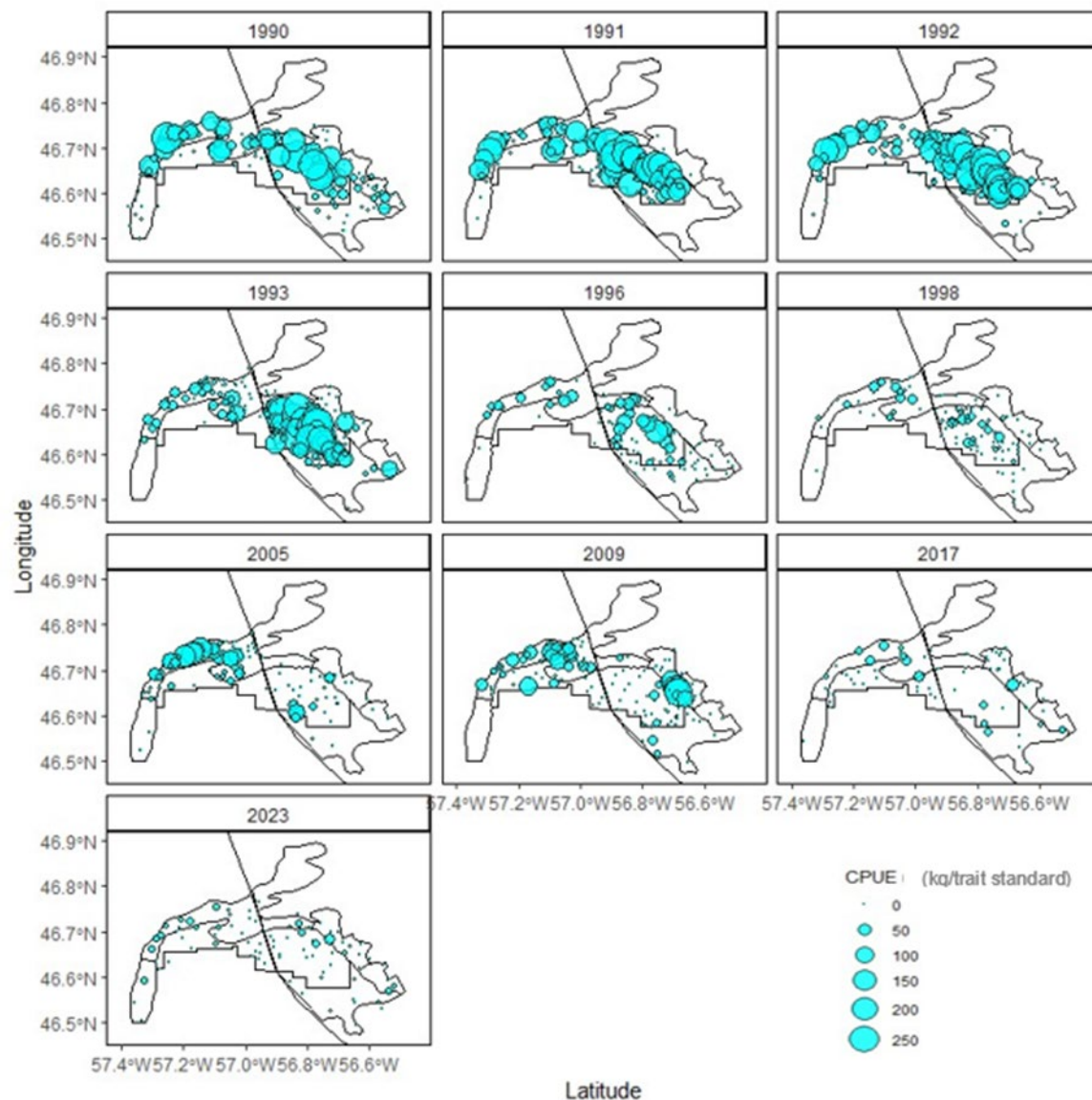


Figure 14. Emplacement des taux de prise de pétoncles d'Islande (kg/trait standard) dans la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO), selon les relevés canadiens d'évaluation des ressources effectués de 1990 à 1993, en 1996, en 1998, en 2005, en 2009, en 2017 et en 2023. La ligne noire représente la zone économique exclusive (ZEE) de la France.

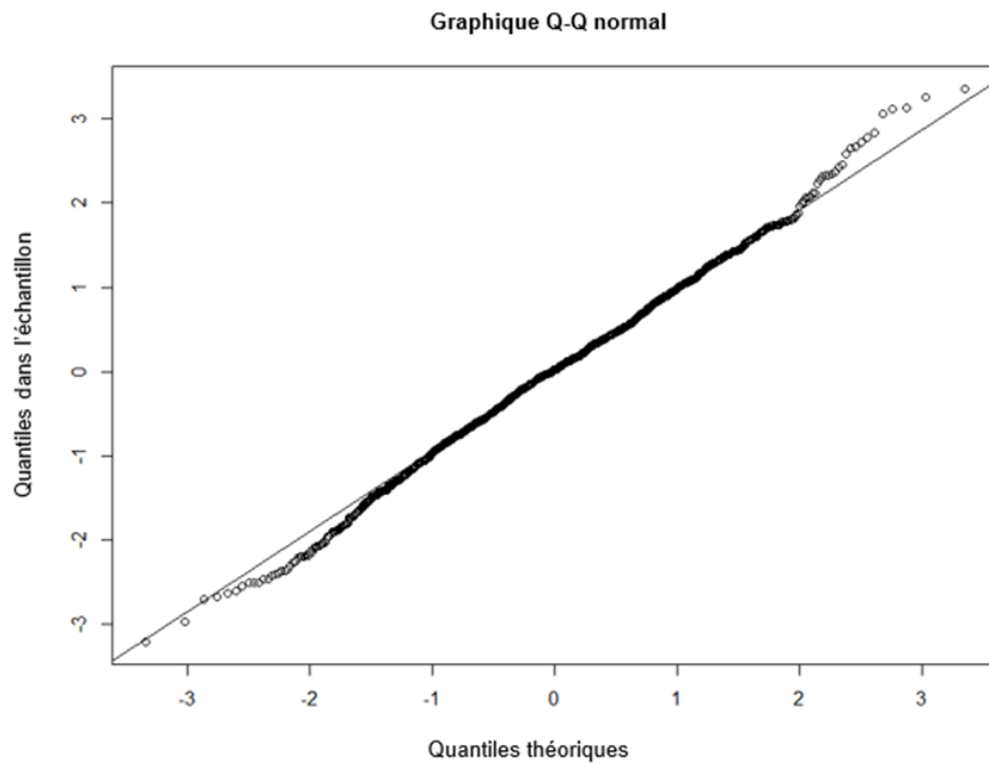


Figure 15. Graphique quantile-quantile (Q-Q) du modèle spatio-temporel d'abondance du pétoncle d'Islande.

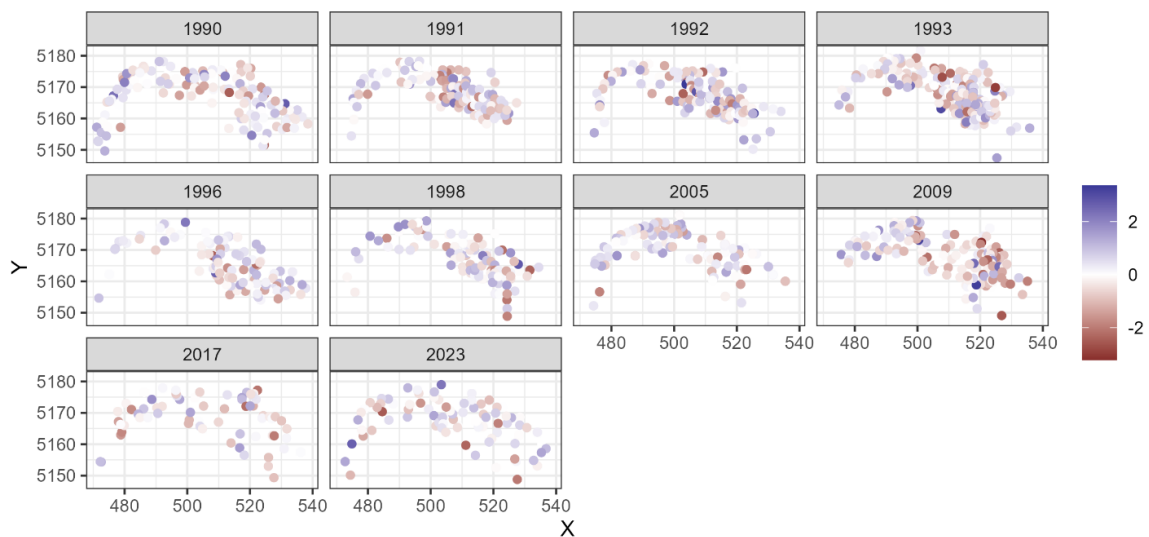


Figure 16. Profil spatial annuel des résidus d'après le modèle spatio-temporel d'abondance du pétoncle d'Islande.

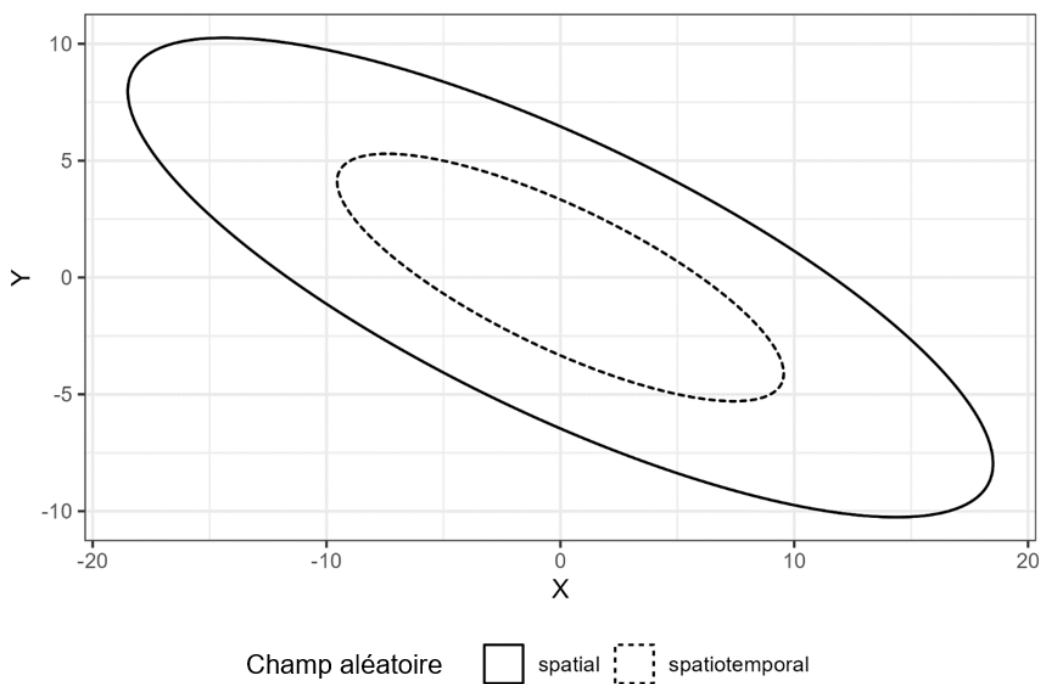


Figure 17. Anisotropie des champs aléatoires spatiaux et spatio-temporels dans le modèle spatio-temporel d'abondance du pétoncle d'Islande.

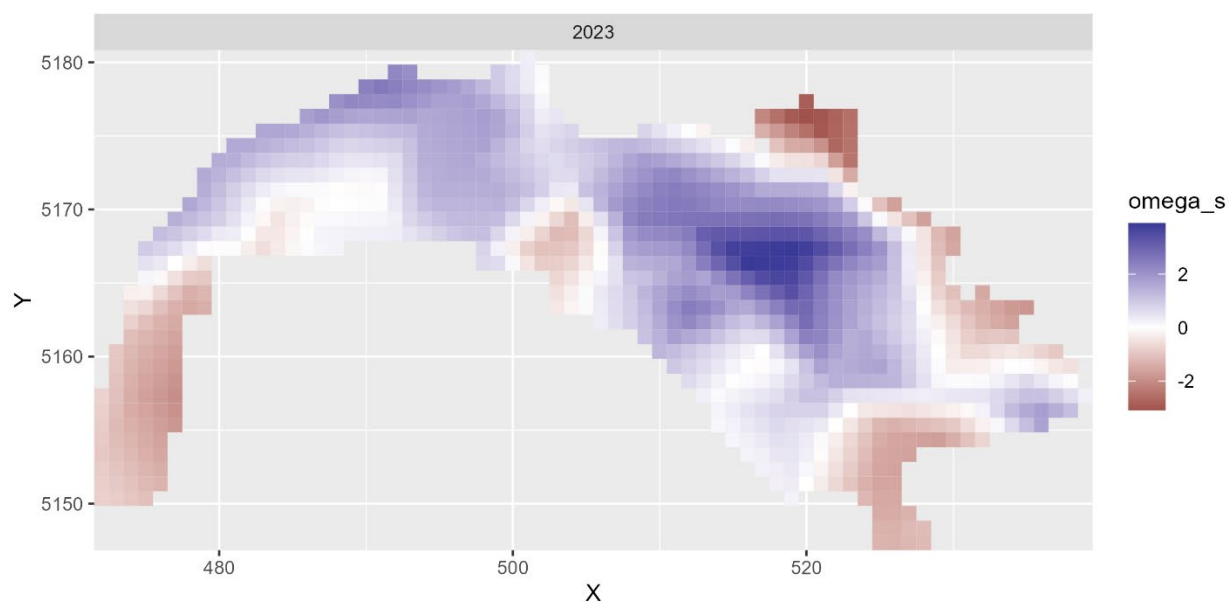


Figure 18. Effets aléatoires spatiaux du modèle spatio-temporel d'abondance pour le pétoncle d'Islande. Comme les effets aléatoires spatiaux ne varient pas selon les années, une seule année (2023) est représentée.

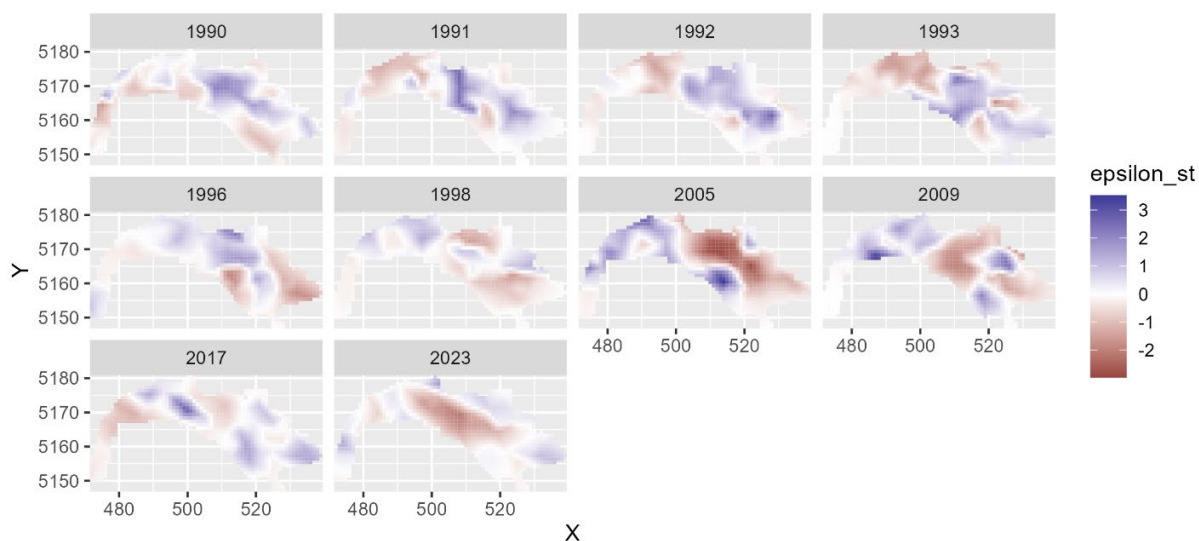


Figure 19. Effets aléatoires spatio-temporels du modèle spatio-temporel d'abondance pour le pétoncle d'Islande.

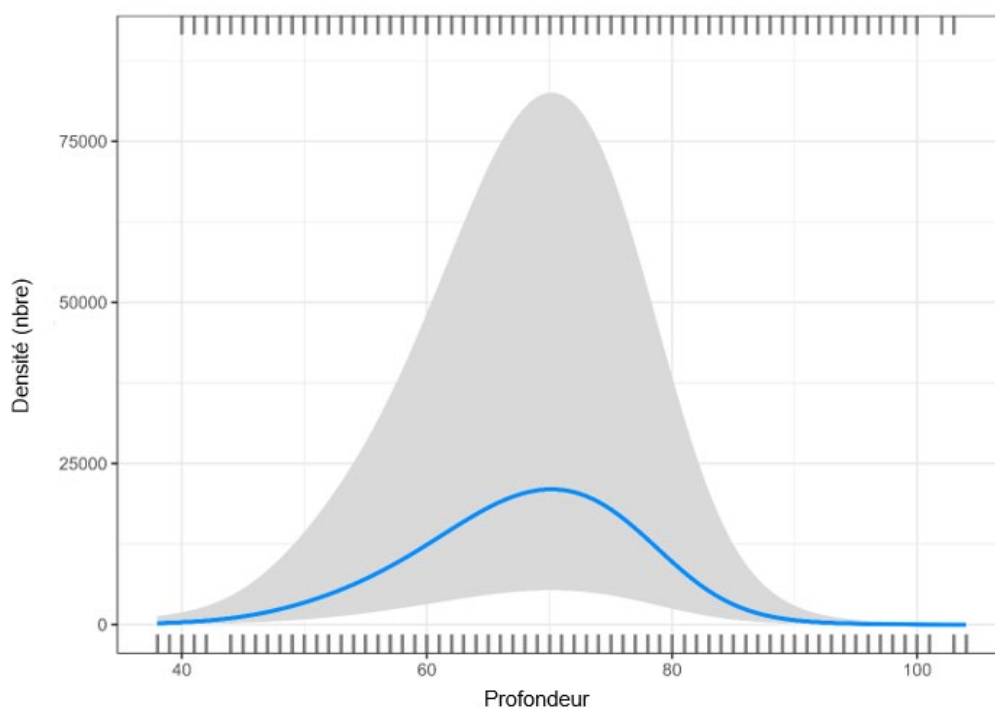


Figure 20. Graphique de l'effet conditionnel de la profondeur et de la densité (nombre) du pétoncle d'Islande d'après le modèle spatio-temporel d'abondance. L'intervalle de confiance ombré inclut l'incertitude estimée associée à l'interception.

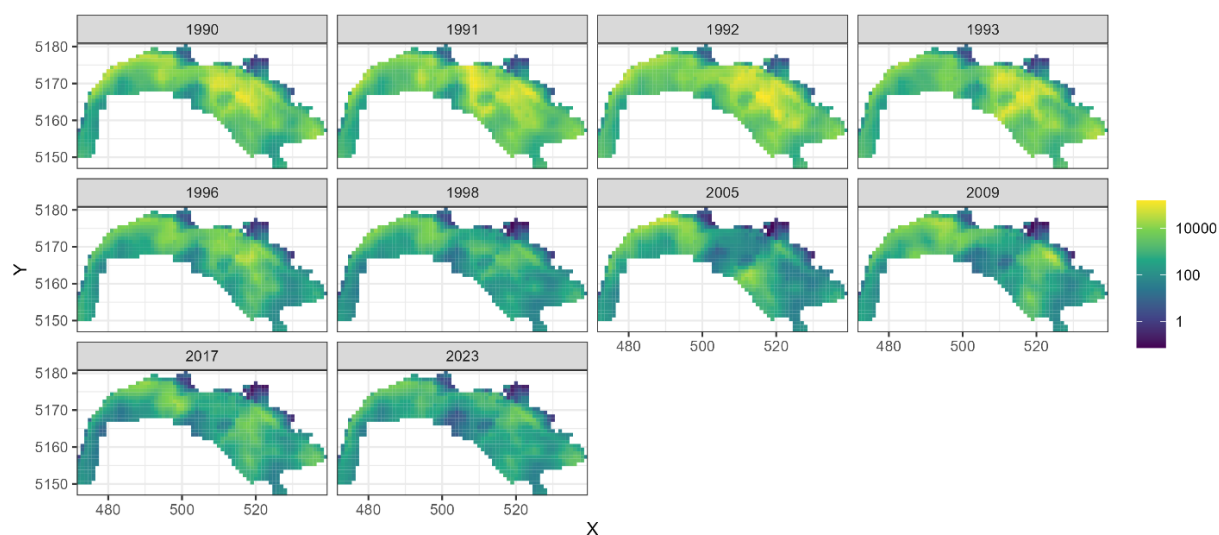


Figure 21. Abondance prédite ( $\text{kg}/\text{km}^2$ ) des pétoncles d'Islande dans tout le site d'intérêt de la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) d'après le modèle spatio-temporel d'abondance.

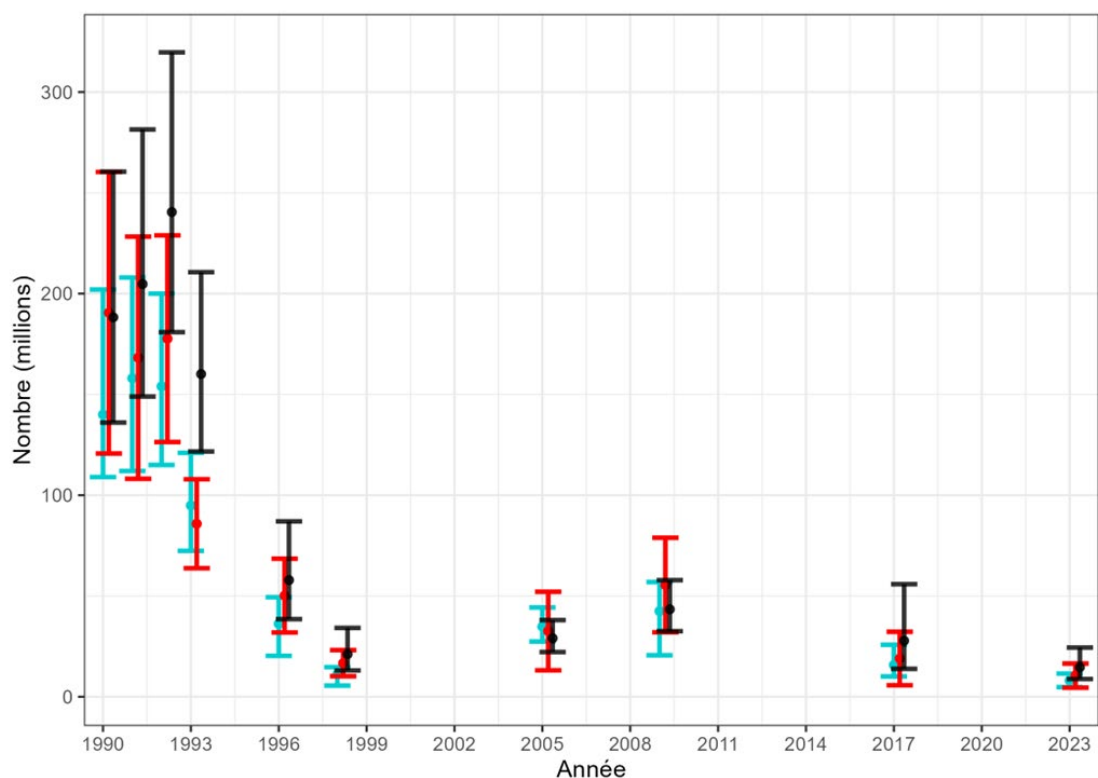


Figure 22. Comparaison des estimations de l'abondance annuelle du pétoncle d'Islande tirées du modèle (en noir), d'Ogmap (en turquoise) et de la méthode STRAP (en rouge) dans les strates échantillonnées régulièrement (11 et 12, 21 à 23) de la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO), avec des intervalles de confiance à 95 %. Cette source de données est fondée sur les relevés canadiens d'évaluation des ressources qui ont eu lieu de 1990 à 2023.



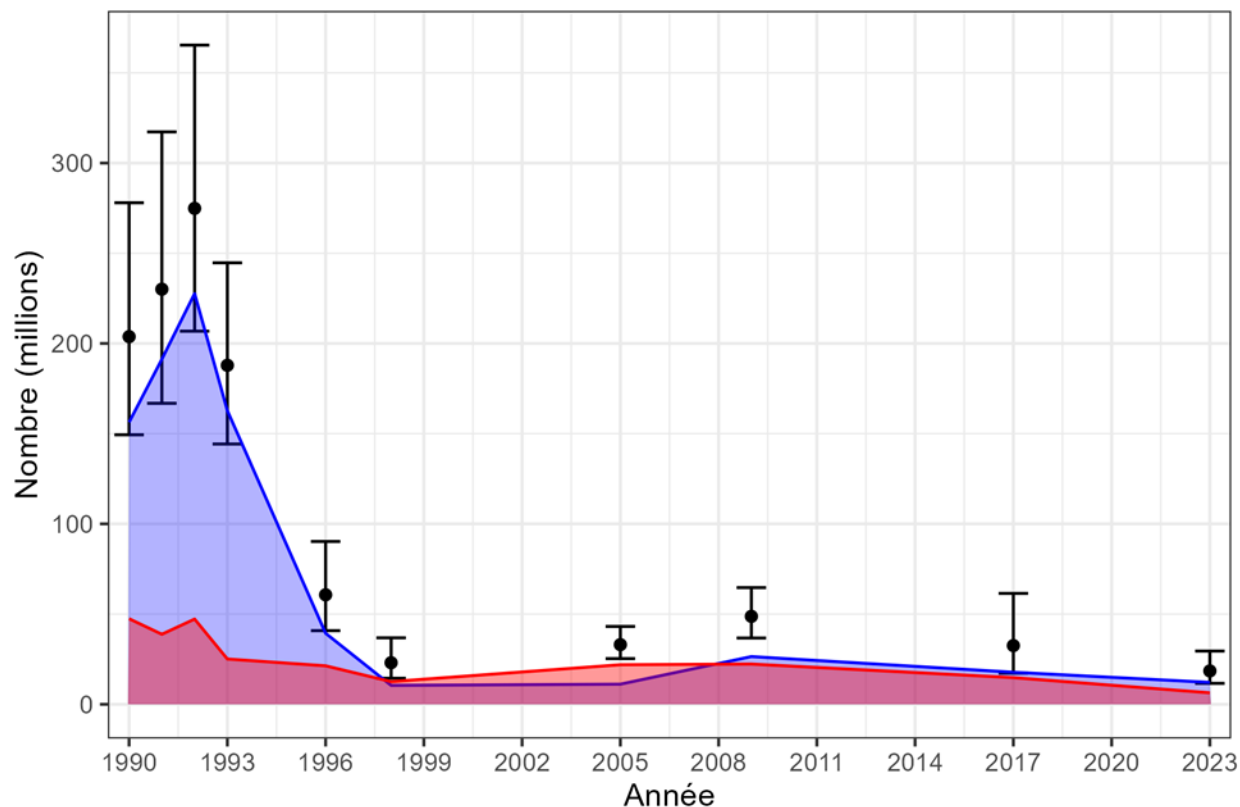


Figure 23. Indices de l'abondance du pétoncle d'Islande (en millions) dérivés du modèle dans le site d'intérêt de la boîte à pétoncles (banc de Saint-Pierre; sous-division 3Ps de l'OPANO; strates 10 à 12, 21 à 25). Les points représentent les estimations de l'abondance prévue pour tout le site d'intérêt et les barres représentent les limites de confiance à 95 % autour de ces estimations. La zone ombrée en bleu représente les estimations de l'abondance dans les eaux françaises (strates 21 à 25) et la zone ombrée en rouge, les estimations de l'abondance dans les eaux canadiennes (strates 10 à 12). Bien que les zones ombrées soient remplies tout au long de la série chronologique, il n'y a pas d'estimation de l'abondance pour les années non couvertes par le relevé (p. ex. de 1999 à 2004).

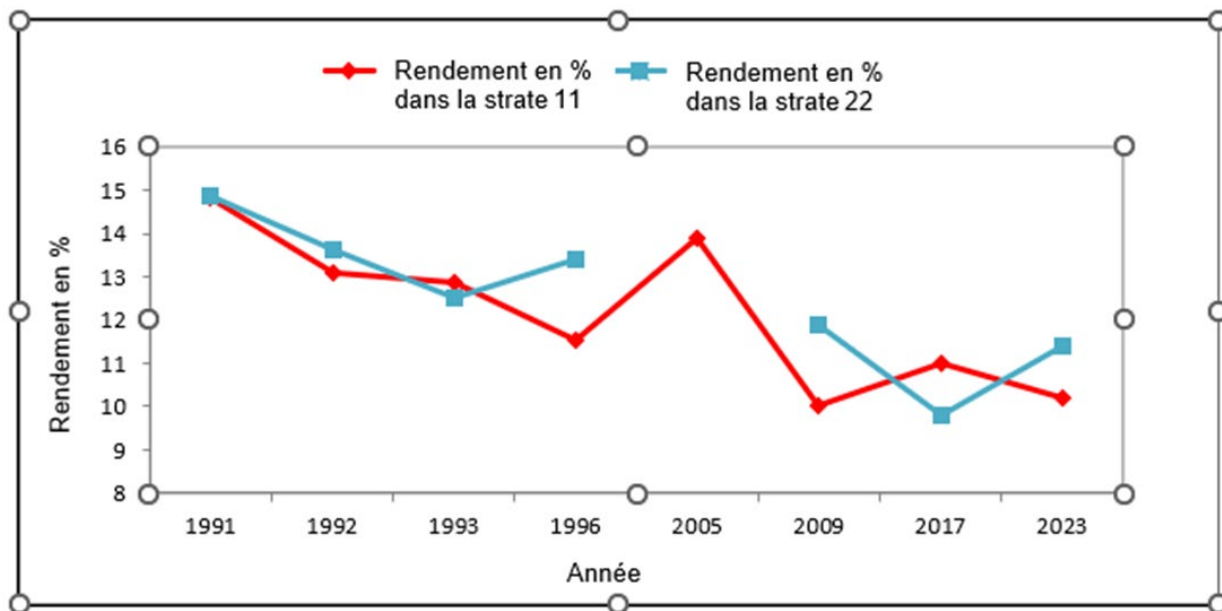


Figure 24. Rendements biologiques en chair (% de rendement) dans les strates 11 et 22 (strates de référence) selon les relevés d'évaluation des ressources canadiennes dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) réalisés durant la série chronologique des relevés entre 1991 et 2023.

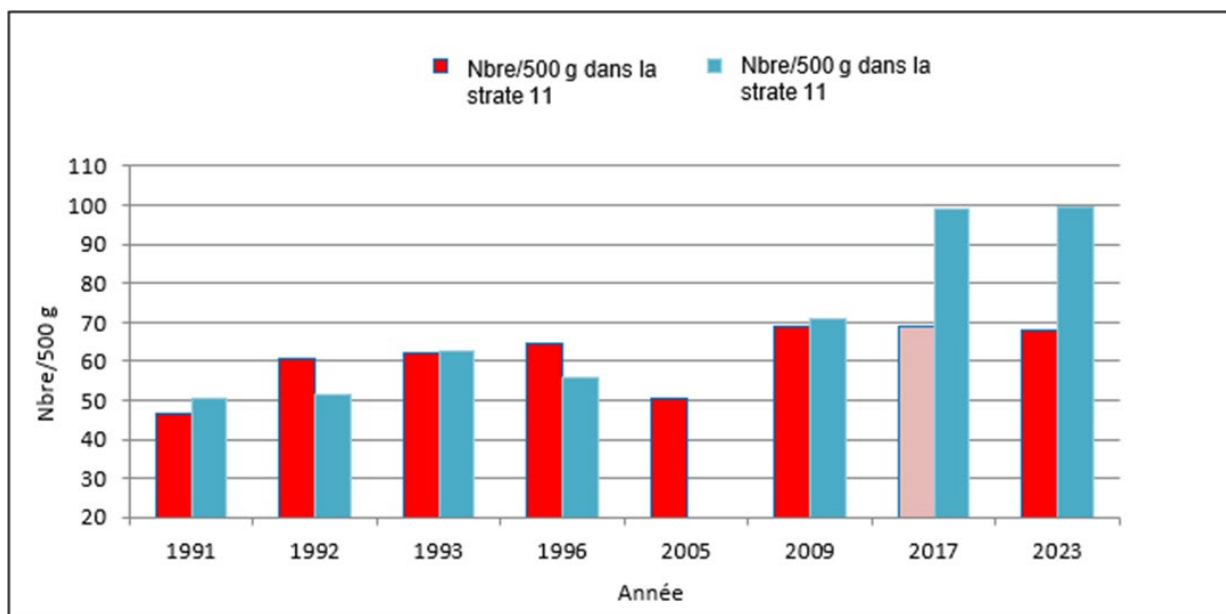


Figure 25. Quantité de chair (nbre de chairs par 500 g) dans les strates 11 et 22 (strates de référence) selon les relevés canadiens d'évaluation des ressources dans la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) de 1991 à 2023. Notez qu'en 2017, les échantillons de rendement en chair ont été recueillis dans la strate 12 (barre d'ombre plus claire) au lieu de la strate 11.

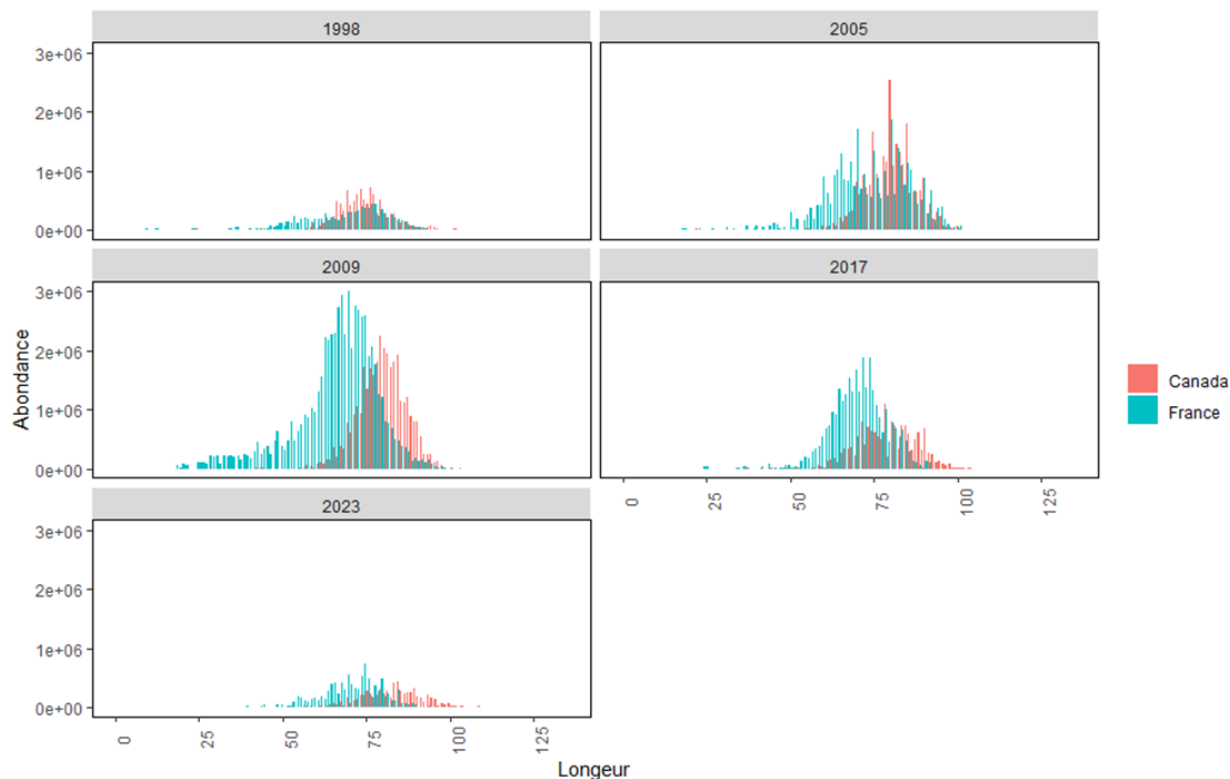


Figure 26. Abondance selon la longueur (hauteur de la coquille) dans les relevés canadiens d'évaluation des ressources (en 1998, 2005, 2009, 2017 et 2023) effectués dans les zones canadienne (strates 11 et 12) et française (strates 21 à 25) de la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO).

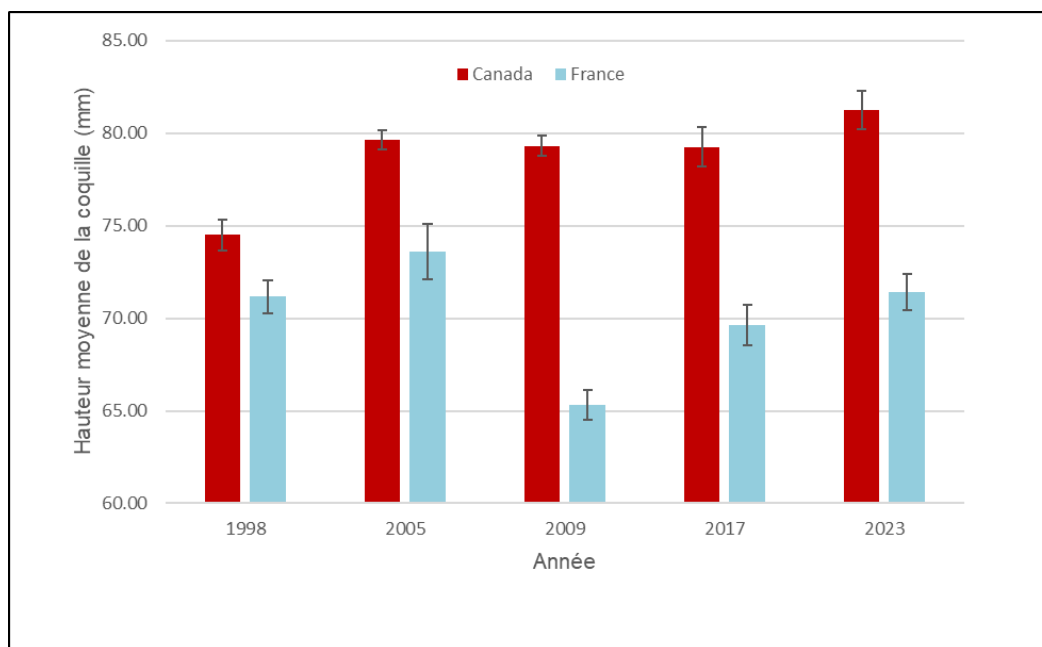


Figure 27. Hauteur moyenne de la coquille (mm) du pétoncle d'Islande dans la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles; zones canadienne et française) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) d'après les évaluations canadiennes des ressources qui ont eu lieu entre 1998 et 2023.

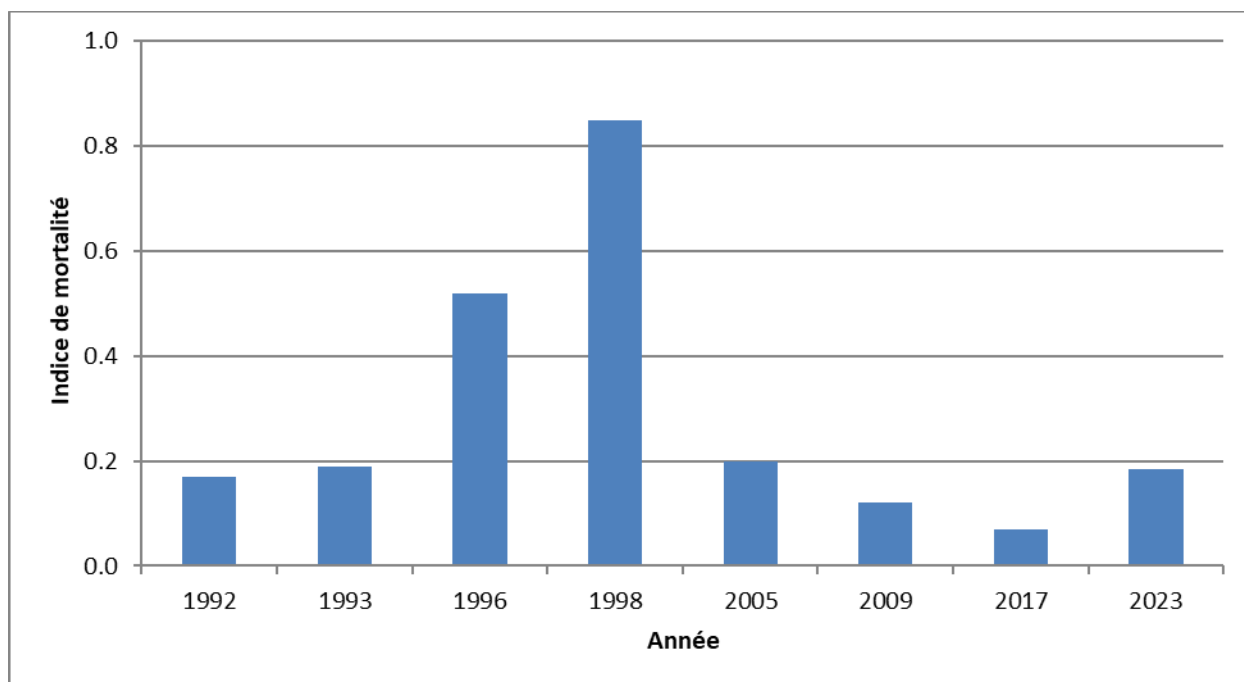


Figure 28. Indice de la mortalité du pétoncle d'Islande dans la zone transfrontalière franco-canadienne (boîte à pétoncles) du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO) d'après les relevés canadiens d'évaluation des ressources qui ont eu lieu de 1992 à 2023.

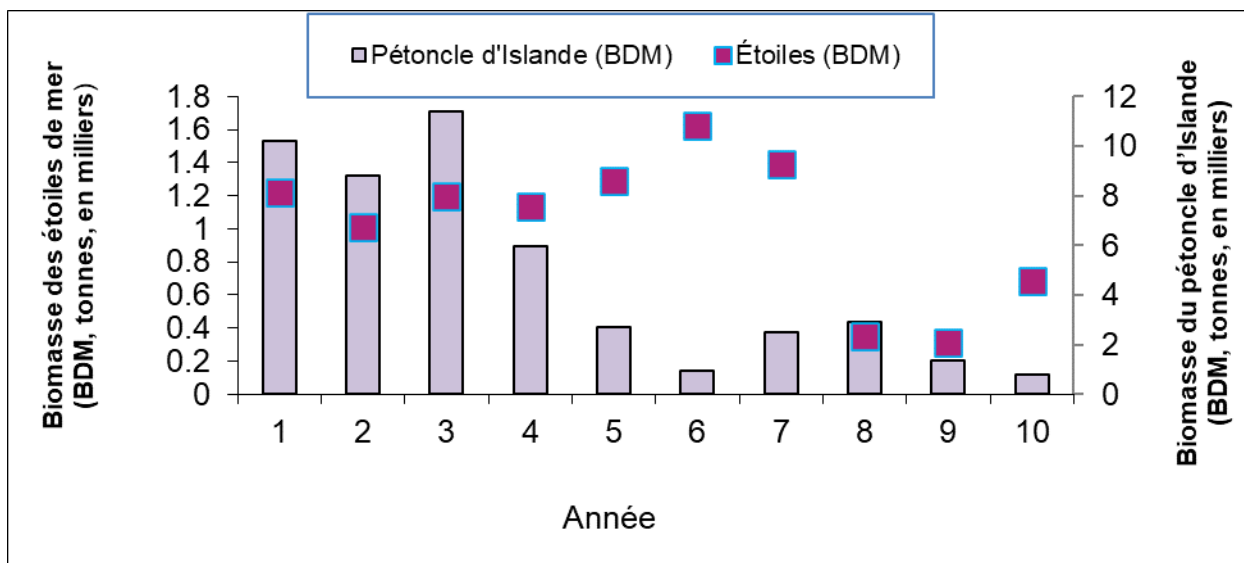


Figure 29. Estimations de la biomasse dragable minimale (BDM) des pétoncles d'Islande et des étoiles de mer (*Leptasterias polaris*, *Crossaster papposus* et *Solaster endeca*) selon les relevés canadiens d'évaluation des ressources menés dans la boîte à pétoncles du banc de Saint-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO; dans les strates 10, 11, 12, 21, 22, 23, 24 et 25) de 1990 à 2023. Les deux estimations de la BDM présentées sur cette figure sont dérivées de l'analyse STRAP.