



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 2025/066

Région des Maritimes

Cadre d'évaluation des stocks pour les zones de pêche du pétoncle (ZPP) 25, 26 et 27B : Modèles d'évaluation des stocks pour les ZPP 25A et 26A

Keith, D.M., Keyser, F., McDonald, R., Pearo Drew, T., Sameoto, J.A.

Pêches et Océans Canada
Institut océanographique Bedford
1, promenade Challenger
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

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 978-0-660-79004-6 N° cat. Fs70-5/2025-066E-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Keith, D.M., Keyser, F., McDonald, R., Pearo Drew, T. et Sameoto, J.A. 2025. Cadre d'évaluation des stocks pour les zones de pêche du pétoncle (ZPP) 25, 26 et 27B : Modèles d'évaluation des stocks pour les ZPP 25A et 26A. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/066. v + 126 p.

Also available in English:

Keith, D.M., Keyser, F., McDonald, R., Pearo Drew, T., and Sameoto, J.A. 2025. Stock Assessment Framework for Scallop Fishing Areas 25, 26, and 27B: Stock Assessment Models for SFAs 25A and 26A. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/066. v + 122 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	v
1. INTRODUCTION	1
2. MODÈLES DE POPULATION	2
2.1. MODÈLE À DIFFÉRENCES RETARDÉES	2
2.2. MODÈLE BAYÉSIEN ÉTAT-ESPACE (MBEE) NON SPATIAL.....	2
2.3. MODÈLE D'ÉVALUATION SPATIALEMENT EXPLICITE (MESE).....	4
2.3.1. Nœuds	6
2.4. CAPTURABILITÉ	7
2.5. RÉSIDUS	7
2.6. ANALYSES RÉTROSPECTIVES.....	7
2.7. ERREUR DE PROCESSUS ET CHAMPS ALÉATOIRES	8
2.8. PROJECTIONS SUR UN AN ET TABLES DE DÉCISION	9
3. RÉSULTATS.....	10
3.1. MODÈLE BAYÉSIEN ÉTAT-ESPACE (MBEE) NON SPATIAL.....	10
3.1.1. ZPP 25A.....	10
3.1.2. ZPP 26A.....	10
3.2. MODÈLE D'ÉVALUATION SPATIALEMENT EXPLICITE (MESE).....	11
3.2.1. ZPP 25A.....	11
3.2.2. ZPP 26A.....	12
3.3. APERÇU DE L'EXPLOITATION ET DE LA BIOMASSE.....	12
3.3.1. ZPP 25A.....	12
3.4. ZPP 26A.....	13
3.5. ERREUR DE PROCESSUS ET CHAMPS ALÉATOIRES	13
3.5.1. ZPP 25A.....	13
3.5.2. ZPP 26A.....	13
3.6. RÉSIDUS DU MODÈLE	14
3.7. ANALYSES RÉTROSPECTIVES.....	14
3.7.1. ZPP 25A.....	14
3.7.2. ZPP 26A.....	15
3.8. ÉVALUATIONS DES PRÉVISIONS ET TABLES DE DÉCISION	16
3.8.1. ZPP 25A.....	16
3.8.2. ZPP 26A.....	16
3.9. COMPARAISON SOMMAIRE ENTRE LE MESE ET LE MBEE.....	17
3.9.1. ZPP 25A.....	17
3.9.2. ZPP 26A.....	17
4. CONCLUSIONS.....	18
RÉFÉRENCES CITÉES	20
TABLEAUX	22

FIGURES	33
ANNEXE A.....	120
ZPP 25A.....	120
ZPP 26A.....	120
FIGURES	121

RÉSUMÉ

Le présent document de recherche se concentre sur l'élaboration de nouvelles méthodologies d'évaluation des stocks dans la zone de pêche du pétoncle (ZPP) 25A (banc de l'île de Sable) et la ZPP 26A (secteur nord du banc de Brown). Un modèle bayésien état-espace (MBEE) à différences retardées a été utilisé pour évaluer l'état de la ZPP 26A pendant plus d'une décennie, mais aucun modèle analytique n'a été mis en œuvre pour la ZPP 25A. Une version modifiée du MBEE actuellement utilisé dans le cadre des évaluations de la ZPP 26A est utilisée pour modéliser la dynamique des populations de ces deux stocks. En outre, la dynamique des populations de ces deux stocks est modélisée à l'aide d'un modèle d'évaluation spatialement explicite (MESE); ce modèle tire parti des progrès de la puissance informatique et de l'élaboration de nouvelles méthodes statistiques, tout en conservant le même cadre conceptuel de dynamique de population à différences retardées. Dans l'ensemble, les deux cadres de modélisation ont donné des résultats largement semblables, mais il y a eu des différences dans les paramètres de productivité entre les modèles; ces différences étaient plus notables dans la ZPP 25A. Le taux d'exploitation dans la ZPP 25A a été faible tout au long de la période couverte par le modèle et la pêche semble avoir eu peu d'incidence sur la dynamique du stock. Dans la ZPP 26A, des signes indiquaient que la pêche avait des répercussions sur la dynamique du stock; la biomasse des pétoncles pleinement recrutés a généralement diminué lorsque le taux d'exploitation a dépassé environ 10 %. Pour les deux stocks, les profils rétrospectifs ont indiqué que les prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés n'étaient pas fortement influencées par l'inclusion d'années supplémentaires de données. Les analyses de l'erreur de processus, des résidus et, pour le MESE, des champs aléatoires ont indiqué que la composante de ces modèles relative au processus avait tendance à surestimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours des dernières années, mais que les modèles étaient largement en mesure de compenser cette situation grâce à leurs structures d'erreur. Les résultats de l'évaluation des prévisions ont indiqué que les paramétrages par défaut pour les projections sur un an de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés avaient tendance à surestimer la biomasse réelle, mais que ce biais pouvait être considérablement réduit par l'utilisation de méthodes reposant sur des hypothèses différentes concernant la productivité des stocks. Dans l'ensemble, les résultats indiquent que, pour les deux stocks, le MBEE et le MESE fournissent des approches raisonnables pour modéliser la dynamique du stock compte tenu des données disponibles, et que l'une ou l'autre de ces approches pourrait être utilisée pour fournir des avis scientifiques. Dans la ZPP 25A, nous recommandons d'utiliser le MBEE pour fournir des avis scientifiques avec la *méthode sans croissance des pétoncles pleinement recrutés* pour les projections. Dans la ZPP 26A, nous recommandons d'utiliser le MESE pour fournir des avis scientifiques avec la *méthode de l'année précédente* pour les projections.

1. INTRODUCTION

La dernière évaluation complète de la pêche hauturière du pétoncle a eu lieu en 2013 et portait principalement sur la zone de pêche du pétoncle (ZPP) 27A (banc de Georges) et la ZPP 26A (secteur nord du banc de Brown, Hubley *et al.* 2014). Des rapports de situation sur ces deux stocks ont été mis à jour depuis 2014 par l'intermédiaire du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS). Cependant, la pêche hauturière du pétoncle dans la région des Maritimes de Pêches et Océans Canada (MPO) se compose de huit stocks au total. L'unité de gestion de la ZPP 26 comprend également les stocks du secteur sud du banc de Brown (26B) et du banc German (26C), tandis que la ZPP 27 comprend un stock de la zone « b » du banc de Georges (27B), et la ZPP 25, connue sous le nom d'est du plateau néo-écossais, inclut la ZPP 25A, qui comprend les stocks de l'île de Sable (25A-Sab) et du banc du Milieu (25A-Milieu), ainsi que le stock du banc Banquereau dans la ZPP 25B (voir le tableau 1 dans Keyser *et al.* sous presse).

Le présent document de recherche porte principalement sur l'élaboration de nouvelles méthodes d'évaluation des stocks pour la partie de la ZPC 25A située dans le banc de l'île de Sable (ci-après dénommée ZPP 25A) et de la ZPP 26A. Un historique des relevés et de la pêche dans les ZPP 25, 26 et 27B se trouve dans Keyser *et al.* (sous presse). La principale zone de pêche dans la ZPP 26 est la ZPP 26A, tandis que la partie de la ZPC 25A située dans le banc de l'île de Sable a été la zone ayant connu le plus de pêche dans la ZPP 25 (Keyser *et al.* sous presse). Un modèle bayésien état-espace (MBEE) a été utilisé pour évaluer le statut de la ZPP 26A pendant plus d'une décennie (Jonsen *et al.* 2009; Hubley *et al.* 2014), mais aucun modèle analytique n'a été créé pour la ZPP 25A.

Nous élaborons ici une version modifiée du MBEE proposée par Jonsen *et al.* (2009) pour ces deux stocks. En outre, nous évaluons la dynamique des populations de ces deux stocks à l'aide d'un modèle d'évaluation spatialement explicite (MESE); ce modèle tire parti des progrès de la puissance informatique et de l'élaboration de nouvelles méthodes statistiques, tout en conservant le même cadre conceptuel de dynamique de population à différences retardées (McDonald *et al.* 2021).

Ces dernières années, des recherches ont démontré que le MBEE présente des problèmes d'identification et d'estimation qui sont occultés par un grand nombre de valeurs *a priori*; ces valeurs peuvent interagir de manière complexe et donner lieu à un modèle fortement contraint (Yin *et al.* 2019). En outre, les prévisions de biomasse issues de modèles non spatiaux à différences retardées tels que le MBEE sont susceptibles de fournir des prévisions de biomasse biaisées lorsque l'effort de pêche est réparti de manière inégale dans le domaine d'un stock. Des études de simulation ont montré que le MESE élimine efficacement ce biais et que les paramètres du modèle sont identifiables lorsque les valeurs de capturabilité sont intégrées (McDonald *et al.* 2021). En outre, le MESE nécessite moins d'hypothèses que le MBEE tout en fournissant une compréhension plus détaillée de la biomasse, de son exploitation, de sa mortalité naturelle et de son recrutement dans l'ensemble de la zone évaluée. Compte tenu de ces propriétés statistiques favorables, le MESE et le MBEE ont été étudiés en tant qu'approches de modélisation potentielles pour générer des avis.

Le présent document a pour objectif :

- d'élaborer des modèles d'évaluation des stocks pour la ZPP 26A (secteur nord du banc de Brown) et dans le domaine de relevé actuel du stock du banc de l'île de Sable dans la ZPP 25A;
- de comparer les résultats d'un modèle bayésien état-espace (MBEE) non spatial à ceux d'un modèle d'évaluation spatialement explicite (MESE) pour chacun de ces stocks;

- d'évaluer le rendement des modèles à l'aide de diagnostics tels que les résidus, les analyses rétrospectives et les prévisions sur un an.

2. MODÈLES DE POPULATION

2.1. MODÈLE À DIFFÉRENCES RETARDÉES

Nous évaluons ici l'application de deux modèles à différences retardées modifiés (Deriso 1980; Schnute 1985; Smith et Hubley 2014) : un modèle non spatial (MBEE) et un modèle spatial (MESE). Ces modèles comportent des paramètres pour la mortalité naturelle, le recrutement et la croissance; la complexité de la dynamique de la population est intermédiaire entre un modèle entièrement structuré par âge et un simple modèle de production excédentaire. La formulation sous-jacente (c.-à-d. l'équation du processus) du modèle à différences retardées utilisé ici est :

$$B_t = e^{-m_{fr}} g_{fr,t} (B_{t-1} - C_{t-1}) + e^{-m_r} g_{r,t} R_{t-1}$$

Dans cette formulation, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés est B , la mortalité naturelle est m , la croissance est g , les débarquements sont C , la biomasse recrutée est R et l'indice t représente le pas de temps annuel, qui va de 1 au nombre d'années dans le modèle. Le cas échéant, les pétoncles pleinement recrutés portent l'indice fr , tandis que les recrues portent l'indice r . D'après une analyse combinant le poids de la chair et la hauteur de la coquille (PCHC), la hauteur de la coquille selon l'âge et les données d'échantillonnage au port pour les stocks de la ZPP 25A et de la ZPP 26A, la taille des pétoncles nouvellement recrutés était définie comme étant de 75 à 89 mm et celle des pétoncles pleinement recrutés comme étant supérieure ou égale à 90 mm (Keyser *et al.* sous presse).

Les débarquements utilisés dans le modèle concordent avec la saison de relevés. Les relevés de la ZPP 25A et de la ZPP 26A ont normalement lieu de la mi-mai à la fin mai, de sorte que les données relatives à la pêche sont résumées en fonction d'une année de relevé, qui va de juin à mai de l'année suivante. Par exemple, les débarquements de juin 2010 à mai 2011 sont définis comme des débarquements de l'année de pêche 2010; ces débarquements sont soustraits de la biomasse estimée dans le relevé de mai 2010. L'hypothèse implicite dans cette formulation est que tous les débarquements ont lieu immédiatement après le relevé. Les données utilisées pour ces modèles couvrent les années 1994 à 2022. Aucun relevé n'a eu lieu dans la ZPP 25A en 2015 ou en 2020, tandis que dans la ZPP 26A, le relevé de 2015 a été retardé jusqu'à la fin du mois de juillet et aucun relevé n'a eu lieu en 2020. Les données de pêche pour la ZPP 26A en 2015 ont pris en compte le retard du relevé de cette année. Les débarquements dans les ZPP 25A et 26A sont inclus dans le domaine de relevé, mais les activités de pêche peuvent se dérouler en dehors des zones de relevé. Dans la ZPP 25A, 87,1 % en moyenne des débarquements de la zone provenaient du domaine de relevé de la ZPP 25A. Dans la ZPP 26A, 99,9 % en moyenne des débarquements provenaient du domaine de relevé de la ZPP 26A.

2.2. MODÈLE BAYÉSIEEN ÉTAT-ESPACE (MBEE) NON SPATIAL

Le modèle bayésien état-espace (MBEE) non spatial utilisé ici est basé sur Jonsen *et al.* (2009) et Hubley *et al.* (2014). Les données d'entrée utilisées pour ce modèle sont la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues, les débarquements (poids de la chair), le nombre de claquettes recrutées (coquilles articulées vides; représentatives de la mortalité naturelle), le nombre de claquettes pleinement recrutées, le nombre total de pétoncles recrutés (claquettes + pétoncles vivants), le nombre total de pétoncles pleinement recrutés, la croissance des pétoncles pleinement recrutés et la croissance des recrues; toutes ces données sont calculées annuellement (Keyser *et al.* sous presse). La biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues, le nombre de claquettes recrutées, le nombre de

claquettes pleinement recrutées et le nombre total de pétoncles recrutés et pleinement recrutés sont des indicateurs stratifiés calculés pour l'ensemble de la zone (Keyser *et al.* Sous presse).

La formulation initiale du MBEE incluait un indice de capture par unité d'effort (CPUE) provenant des données de pêche (Jonsen *et al.* 2009; Hubley *et al.* 2014). Cependant, en raison de difficultés liées à la convergence du modèle, une modification non documentée a été apportée au modèle et appliquée à la composante du modèle relative à l'indice de CPUE (pour la formulation originale, voir Jonsen *et al.* 2009; Hubley *et al.* 2014). Les changements dans la dynamique de la pêche donnent à penser que l'indice de CPUE ne reflète pas l'état du stock. Le coefficient de variation (CV) du terme de la CPUE a été gonflé depuis 2012 environ afin de réduire l'influence de ce terme dans le modèle. Dans ce cas, nous avons pleinement supprimé l'indice de CPUE du modèle.

Un paramètre de capturabilité des claquettes recrutées (S_{rec}) a également été ajouté au modèle des claquettes recrutées pour faciliter le contrôle du niveau moyen de mortalité naturelle des recrues. Les valeurs *a priori* de capturabilité des claquettes de pétoncles pleinement recrutés (S_{fr}) et recrutés (S_{rec}) ont été fixées de manière à être très informatives et ont été utilisées afin de contrôler le niveau médian de mortalité naturelle pour la ZPP 25A et la ZPP 26A. Pour la ZPP 25A, les valeurs *a priori* de capturabilité des claquettes ont été modifiées de manière à ce que la mortalité naturelle médiane (proportionnelle) soit de 0,18 pour les pétoncles pleinement recrutés et de 0,22 pour les recrues. Pour la ZPP 26A, les valeurs *a priori* de capturabilité des claquettes ont été modifiées de manière à ce que la mortalité naturelle médiane (proportionnelle) soit de 0,18 pour les pétoncles pleinement recrutés et de 0,22 pour les recrues. Ces valeurs ont été choisies pour fournir des estimations biologiquement raisonnables de la mortalité naturelle tout en réduisant le biais dans la composante d'erreur de processus des modèles. Aucune autre modification n'a été apportée à la formulation du MBEE présentée dans Hubley *et al.* (2014).

Depuis l'élaboration de ces modèles, on a observé qu'il existait de nombreuses valeurs *a priori* dans ces modèles qui n'avaient pas été entièrement documentées (Yin *et al.* 2019). Les valeurs *a priori* non documentées sont des valeurs *a priori* annuelles pour la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés et des recrues, ainsi que pour la biomasse des recrues :

$$\begin{aligned}r_t &\sim \text{lognormal}(0 \ 1) \\m_{fr \ t} &\sim \text{lognormal}(-2 \ 2) \\m_{r \ t} &\sim \text{lognormal}(-2 \ 2)\end{aligned}$$

Où r est l'estimation de la biomasse des recrues qui a été mise à l'échelle par un paramètre K et m est la mortalité naturelle instantanée des pétoncles recrutés (r) et pleinement recrutés (fr). Il en résulte que trois valeurs *a posteriori* supplémentaires sont estimées chaque année et que le modèle est davantage paramétré que ce qui a été documenté précédemment. Ces valeurs *a priori* masquent probablement des problèmes en ce qui a trait aux capacités d'identification et d'estimation dans le modèle sous-jacent et peuvent également donner lieu à des interactions complexes entre une série de valeurs *a priori* faiblement informatives qui se traduisent par un modèle fortement contraint (Yin *et al.* 2019). Ici, pour le MBEE, l'échantillonnage selon la méthode de Monte-Carlo par chaîne de Markov (MCMC) a été effectué avec huit chaînes, 375 000 itérations et une période de rodage de 300 000. Les valeurs les plus élevées de $\hat{r}$ pour tout paramètre étaient 1,011 et 1,006 pour les ZPP 25A et 26A, respectivement, tandis que les tailles d'échantillon effectives les plus faibles étaient 450 (ZPP 25A) et 950 (ZPP 26A).

2.3. MODÈLE D'ÉVALUATION SPATIALEMENT EXPLICITE (MESE)

Le modèle d'évaluation spatialement explicite (MESE) conserve le cadre à différences retardées et est basé sur une version du MBEE qui ne nécessite pas de valeurs *a priori* en raison de l'adoption d'un cadre fréquentiste (Yin *et al.* 2019). Toutefois, des recherches ultérieures ont montré que la connaissance du paramètre de capturabilité est nécessaire pour obtenir des prévisions réalistes de la biomasse à partir de ces modèles (McDonald *et al.* 2021). Des études de simulation ont démontré l'existence d'un biais temporel dans les prévisions de biomasse lors de l'utilisation d'un modèle à différences retardées non spatial; ce biais est dû au fait que les prélèvements de la pêche sont répartis de manière inégale dans l'espace (McDonald *et al.* 2021). Ces simulations ont indiqué que le MESE pouvait traiter efficacement les prélèvements hétérogènes des pêches et éliminer en grande partie ce biais (McDonald *et al.* 2021). Les prélèvements de la pêche hauturière du pétoncle sont hétérogènes, car la pêche tend à cibler des zones où la biomasse des pétoncles est plus dense (Keith *et al.* 2020). Des études de simulation ont également indiqué que les prévisions de mortalité naturelle et de recrutement des modèles spatiaux et non spatiaux peuvent être confondues, mais cela n'a pas d'incidence sur les prévisions globales de la biomasse et les modèles fournissent une bonne estimation de la productivité globale du système si la capturabilité est bien paramétrée (McDonald *et al.* 2021).

Les mêmes variables sont utilisées comme données d'entrée pour le MESE, à deux exceptions près; les claquettes recrutées et le nombre total de recrues ne sont pas nécessaires pour le MESE. En outre, le MESE utilise la plupart des données d'entrée au niveau du trait de relevé plutôt que de créer un indice résumé pour l'ensemble de la zone du modèle chaque année; la seule exception concerne les termes de croissance qui sont identiques aux termes de croissance utilisés dans le MBEE et n'ont pas de composante spatiale (Keyser *et al.* Sous presse). Par conséquent, le MESE a besoin de l'emplacement spatial des traits de relevé et des captures de la pêche. Ainsi, les données d'entrée liées au relevé utilisées dans le MESE sont les valeurs propres au trait pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues, le nombre de claquettes pleinement recrutées et le nombre total de pétoncles pleinement recrutés. Les prélèvements de la pêche sont référencés dans l'espace d'après les emplacements déclarés dans les journaux de bord et sont consignés toutes les six heures depuis 2009. Avant 2009, les entrées du journal de bord y étaient ajoutées toutes les 24 heures.

Le MESE est un modèle état-espace (comme le MBEE) et est représenté par deux processus stochastiques. Le premier est un processus à état dynamique non observé $\mathbf{X}_{s,t}$ $t = 1, \dots, T$ (t représente le temps en années) et $s = 1, \dots, S$ (s représente l'emplacement spatial); ceux-ci représentent un processus à état dynamique non observé qui représente la dynamique de la population dans l'espace (aux emplacements s) et dans le temps (pas de temps t). Le deuxième processus stochastique est le processus d'observation $\mathbf{Y}_{s,t}$ qui relie les observations au processus de la dynamique de la population. Un vecteur $\theta \in \Theta \subseteq \mathbb{R}^p$ est utilisé pour combiner les paramètres du modèle, avec des covariables fixes indiquées par $\mathbf{z}_{s,t}$.

θ est un vecteur d'effets fixes tandis que $\mathbf{X}_{s,t}$ est un vecteur d'effets aléatoires qui sont prédits à partir des estimations de θ . Les années pour lesquelles des données de relevé sont disponibles, les processus sous-jacents (biomasse des pétoncles pleinement recrutés, biomasse des recrues et mortalité naturelle) sont considérés comme des prévisions, tandis que les années sans données de relevé (p. ex. 2020) sont considérées comme des projections. Pour ces années de projection, les projections sont obtenues en avançant d'un an les équations de processus. Les projections représentent la moyenne prévue et l'incertitude.

Les variables utilisées dans le modèle sont combinées dans une vraisemblance conjointe $L(\cdot)$ et une log-vraisemblance marginale $\mathcal{L}(\cdot)$:

$$L(\theta \mathbf{Y}_{1:T} \mathbf{X}_{1:T}) = \prod_{s=1}^S p(\mathbf{Y}_{s1} | \mathbf{X}_{s1} \theta) \prod_{t=2}^T p(\mathbf{Y}_{st} | \mathbf{X}_{st} \theta) \times p(\mathbf{X}_{st} | \mathbf{X}_{st-1} \theta)$$

$$\mathcal{L}(\theta \mathbf{Y}_{1:S \ 1:T}) = \log \int L(\theta \mathbf{Y}_{1:S \ 1:T} \mathbf{X}_{1:S \ 1:T}) d\mathbf{X}_{1:S \ 1:T}$$

Ces intégrales à haute dimension sont résolues au moyen de l'approximation de Laplace intégrée dans le module TMB du logiciel R (Kristensen *et al.* 2016). Il a été démontré que cette méthode est très efficace sur le plan des calculs sans perte de précision (Auger-Méthé M. *et al.* 2017).

L'équation du processus spatial à différences retardées est la suivante :

$$B_{st} = (e^{-m_{st}} g_{frt} (B_{st-1} - C_{st-1}) + e^{-m_{st}} g_{rt} R_{st-1}) e^{\Omega_{st}^B}$$

Ici, B_{st} représente les densités de biomasse commerciale ($\frac{kg}{km^2}$), m_{st} représente les mortalités naturelles instantanées, C_{st-1} représente les densités de débarquements commerciaux ($\frac{kg}{km^2}$), R_{st-1} représente les densités de biomasse des recrues ($\frac{kg}{km^2}$), g_{frt} représente le taux de croissance des pétoncles pleinement recrutés et g_{rt} représente le taux de croissance des recrues. Le champ spatial de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés est Ω_{st}^B ; ce champ est modélisé comme un champ aléatoire markovien gaussien qui se simplifie en une distribution normale à plusieurs variables à moyenne zéro à l'aide d'une équation stochastique aux dérivées partielles. La matrice de covariance utilise une fonction de covariance de *Matérn* :

$$Matérn(s \ s') = \lambda^2 \frac{1}{\Gamma(\nu) 2^{\nu-1}} (\psi d(s \ s'))^\nu K_\nu(\psi d(s \ s'))$$

où λ^2 représente la variance spatiale, ν représente le paramètre de lissage et présente une valeur fixe de 1, ψ représente le paramètre de portée et donne une estimation de la portée à laquelle deux points deviennent non corrélés, Γ représente la fonction gamma, K représente une fonction de Bessel de deuxième type et $d(s \ s')$ représente la distance euclidienne entre les emplacements s et s' .

Comme la fonction *Matérn* traditionnelle suppose l'isotropie (c.-à-d. que la plage de décorrélation spatiale est la même dans toutes les directions), une matrice H^B est estimée parallèlement à *Matérn*, ce qui permet de tenir compte de l'anisotropie géométrique :

$$\Sigma(s \ s') = Matérn(\| H^B(s - s') \|)$$

Les recrues et la mortalité naturelle sont modélisées comme des marches aléatoires lognormales qui intègrent l'autocorrélation spatiale au moyen de leurs structures d'erreur (Ω_{st}^R et Ω_{st}^m) à l'aide de champs aléatoires markoviens gaussiens. Pour ces champs, le niveau moyen doit être estimé à l'année 1 :

$$R_{st} = R_{st-1} e^{\Omega_{st}^R}$$

$$m_{st} = m_{st-1} e^{\Omega_{st}^m}$$

Les équations de processus ci-dessus sont liées aux observations par trois équations d'observation :

$$I_{ist} | (I_{ist} > 0) = \frac{q_{I(s)} B_{st}}{p_I} \epsilon_{ist} \quad \epsilon_{ist} \stackrel{Ind}{\sim} u\ell N(\sigma_\epsilon^2)$$

$$I_{ist}^R | (I_{ist}^R > 0) = \frac{q_R R_{st}}{p_I^R} v_{ist} \quad v_{ist} \stackrel{Ind}{\sim} u\ell N(\sigma_v^2)$$

$$L_{i\ s\ t} = \text{Bin}(n_{i\ s\ t} \ m_{s\ t} S)$$

La biomasse de pétoncles pleinement recrutés observée ($I_{i\ s\ t}$) dans le trait i , à l'emplacement s et l'année t est liée à la densité de biomasse des pétoncles pleinement recrutés non observée $B_{s\ t}$, mise à l'échelle en fonction de la capturabilité des pétoncles pleinement recrutés ($q_{I(s)}$) et ajustée en fonction de la probabilité de capture de pétoncles pleinement recrutés (p_I). Le terme d'erreur ($\epsilon_{i\ s\ t}$) est réparti selon une distribution lognormale avec une variance de σ_ϵ^2 . Le terme p_I est utilisé pour tenir compte des traits ne comportant aucun pétoncle pleinement recruté.

L'équation d'observation pour les recrues de pétoncles est analogue à l'équation d'observation des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues étant représentée par $I_{i\ s\ t}^R$, un terme de capturabilité des recrues non spatial q_R et une probabilité de capture des recrues (p_I^R) avec un terme d'erreur ($v_{i\ s\ t}$) qui est réparti selon une distribution lognormale avec une variance de σ_v^2 . Le terme p_I^R est utilisé pour tenir compte des traits ne comportant aucune recrue.

L'équation d'observation finale relie le nombre de claquettes pleinement recrutées ($L_{i\ s\ t}$) à la mortalité naturelle instantanée ($m_{s\ t}$) à l'aide d'un modèle binomial qui est adapté en fonction de la capturabilité des claquettes (S). Ce modèle relatif aux claquettes est une simplification de celui utilisé dans le MBEE (Smith et Lundy 2002; Hubley *et al.* 2014). On a supposé que la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés et celle des pétoncles en cours de recrutement était la même (c.-à-d., $M_{fr} = M_r$) pour le MESE. Une valeur fixe a été attribuée à la capturabilité des claquettes (S) car cela permettait d'établir le niveau médian de mortalité naturelle dans les modèles tout en tenant compte de la variabilité spatiale et temporelle. Pour la ZPP 25A, le paramètre de capturabilité des claquettes a été ajusté de manière à ce que la mortalité naturelle médiane (proportionnelle) soit d'environ 0,24, tandis que pour la ZPP 26A, le paramètre de capturabilité a été ajusté de manière à ce que la mortalité naturelle médiane soit d'environ 0,22. Ces valeurs ont été choisies pour fournir des estimations de la mortalité naturelle raisonnables sur le plan biologique tout en réduisant le biais dans la composante d'erreur de processus des modèles.

2.3.1. Nœuds

Plutôt que de modéliser les champs aléatoires à chaque emplacement, on a utilisé des nœuds comme une approximation constante par morceaux pour faciliter le calcul. Les emplacements des nœuds ont été déterminés à l'aide d'un algorithme de groupement par k -moyennes (Thorson *et al.* 2015; McDonald *et al.* 2021). L'algorithme de groupement utilise les données de relevé pour dégager les tendances de groupement optimales. Les nœuds sont situés au centre des groupes trouvés par l'algorithme de groupement; ils estiment efficacement la position moyenne des traits de relevé associés à un groupe en particulier. Le modèle attribue chaque emplacement de la zone modélisée à son nœud le plus proche. Il est ainsi possible d'utiliser des observations répétées pour la densité estimée par le modèle à chaque nœud, ce qui réduit considérablement les problèmes de convergence et de capacité d'identification.

Pour la ZPP 25A, dix nœuds ont été choisis (figure 1), tandis que pour la ZPP 26A, vingt nœuds ont été choisis (figure 2). Pour la ZPP 26A, cela se traduit par une moyenne de cinq traits dans chaque nœud au cours des dernières années, tandis que pour la ZPP 25A, cela se traduit par une moyenne de 10 traits par nœud (sur la base de relevés comportant 100 traits). Le nombre de nœuds utilisés est un compromis entre la résolution spatiale et la disponibilité des données (McDonald *et al.* 2021), moins de nœuds ont été utilisés dans la ZPP 25A en raison du nombre restreint de débarquements de pêche dans la zone depuis plusieurs années. L'incidence du nombre de nœuds sur la sortie du modèle a été évaluée, et celui-ci n'a pas modifié sensiblement les résultats; les résultats d'un modèle à 20 nœuds pour la ZPP 25A et d'un modèle à 10 nœuds pour la ZPP 26A se trouvent à l'annexe A.

2.4. CAPTURABILITÉ

La capturabilité doit être estimée pour le MESE et pour le MBEE. Pour le MESE, cela permet de minimiser le biais dans les prévisions de biomasse (McDonald *et al.* 2021), alors que dans le MBEE, il s'agit de l'une des nombreuses valeurs *a priori* requises. Pour tous les modèles, nous avons utilisé une distribution bêta ($\beta(20\ 40)$) qui est la même que la distribution *a priori* appliquée dans le modèle d'évaluation du stock de la ZPP 26A (figure 3, voir également la figure 17 dans Hubley *et al.* 2014).

Pour le MESE, la capturabilité des pétoncles pleinement recrutés peut varier à chaque nœud ou être fixe dans l'ensemble du domaine de modélisation. Dans le modèle utilisé ici, la capturabilité des pétoncles pleinement recrutés a été autorisée à varier à chaque nœud. La capturabilité des recrues est fixe dans le domaine du modèle et a été fixée à 0,33 (moyenne de la distribution bêta). Un modèle dans lequel la capturabilité des pétoncles pleinement recrutés ne variait pas dans l'espace a été mis à l'essai, mais il a eu peu d'incidence sur les paramètres de productivité (mortalité naturelle et recrutement) et sur les prévisions de biomasse globale; ce modèle n'est donc pas examiné plus avant.

2.5. RÉSIDUS

Pour le MESE, nous avons calculé les résidus conditionnellement indépendants pour la biomasse observée des pétoncles pleinement recrutés et en cours de recrutement en utilisant les équations d'observation et les valeurs ajustées dans chaque nœud. Les observations des traits de relevé concernant la biomasse des pétoncles pleinement recrutés et recrues sont mesurées en tant que densité de biomasse ($\frac{kg}{km^2}$). La densité de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle corrigée en fonction de q , qui est utilisée pour le calcul des résidus, est calculée comme suit :

$$FRD_{st} = BD_{st} \times q_{I(s)}/p_I$$

La densité de la biomasse des recrues du modèle corrigée en fonction de q , qui est utilisée pour le calcul des résidus, est :

$$RD_{st} = RD_{st} \times q_R/p_I^R$$

Les résidus sont alors calculés comme la différence entre le logarithme de chaque observation non nulle et le logarithme des prévisions du modèle corrigé en fonction de q avec la correction du biais de transformation logarithmique à chaque nœud de l'année :

$$R_{frst} = \log(I_{ist}) - \log(FRD_{st}) + \frac{\sigma_\epsilon^2}{2}$$

$$R_{rst} = \log(IR_{ist}) - \log(RD_{st}) + \frac{\sigma_v^2}{2}$$

Dans le MBEE, les résidus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés ont été calculés directement dans le modèle en utilisant chacun des échantillons MCMC retenus (Jonsen *et al.* 2009; Hubley *et al.* 2014); ces résidus ne sont pas conditionnellement indépendants (Thygesen *et al.* 2017).

2.6. ANALYSES RÉTROSPECTIVES

Pour le MESE et le MBEE, des analyses rétrospectives ont été effectuées en supprimant séquentiellement une année de données, les analyses rétrospectives étant effectuées en utilisant les années terminales de 2005 à 2021. Des paramètres rétrospectifs ont été calculés pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité

naturelle. Les prévisions de chaque modèle rétrospectif (p. ex. le modèle couvrant la période de 1994 à 2015 sera appelé *modèle rétrospectif de 2015*) sont comparées à l'exécution du modèle de 2022 (appelé *modèle complet*).

Les calculs pour les paramètres rétrospectifs sont semblables pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle; les équations utilisées pour les calculs utilisant la biomasse des pétoncles pleinement recrutés sont présentées à titre d'exemple :

$$BD_{fr\ t\ retro} = B_{fr\ t\ retro} - B_{fr\ t\ full}$$

Ici, $BD_{fr\ t\ retro}$ représente la différence entre la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle rétrospectif au cours de l'année t ($B_{fr\ t\ retro}$) et la biomasse du modèle complet au cours de la même année ($B_{fr\ t\ full}$); des paramètres analogues ont été calculés pour la biomasse des recrues ($BD_{r\ t\ retro}$) et la mortalité naturelle ($MD_{t\ retro}$). La différence relative de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, $RBD_{fr\ t\ retro}$, est calculée comme suit :

$$RBD_{fr\ t\ retro} = (B_{fr\ t\ retro} - B_{fr\ t\ full}) / B_{fr\ t\ full}$$

Des paramètres analogues ont été calculés pour la différence relative de la biomasse des recrues ($RBD_{r\ t\ retro}$) et de la mortalité naturelle ($RMD_{t\ retro}$). Une mesure simple du biais du modèle rétrospectif (MR_{ny} , connue sous le nom de rho de Mohn) peut être calculée pour chacun des paramètres de la différence relative (c.-à-d. $RBD_{fr\ t\ retro}$, $RBD_{r\ t\ retro}$ et $RMD_{t\ retro}$) en utilisant différents nombres d'années (ny). Nous calculons MR_5 en utilisant les cinq dernières années de données et MR_{all} en utilisant toutes les années (2005 à 2021, Mohn 1999) en utilisant la biomasse des pétoncles pleinement recrutés comme exemple de calcul :

$$MR_{fr\ ny} = \frac{\sum_1^{ny} RBD_{fr\ t\ retro}}{ny}$$

2.7. ERREUR DE PROCESSUS ET CHAMPS ALÉATOIRES

La différence entre l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle et l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de la composante relative au processus du modèle est appelée ici « erreur de processus ». Pour le MBEE, l'erreur de processus est calculée dans le modèle comme la différence entre l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de l'extrant du modèle et l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle relatif au processus sur l'échelle logarithmique. Un terme normalisé pour l'erreur de processus est également calculé dans le MBEE en divisant par l'erreur type du processus. Une valeur négative indique une année où l'estimation finale du modèle était inférieure à l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de l'équation du processus.

Dans le MESE, l'erreur de processus pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés est représentée par le champ aléatoire Ω_{st}^B , qui représente également la différence logarithmique entre la biomasse des pétoncles pleinement recrutés et l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle du processus, mais qui est calculée à chaque nœud au cours d'une année. Une valeur négative indique un nœud où l'estimation finale du modèle était inférieure à l'estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de l'équation relative au processus.

Outre le champ aléatoire de l'erreur de processus, les champs aléatoires de la biomasse des recrues Ω_{st}^r et de la mortalité naturelle Ω_{st}^m sont également présentés pour le MESE.

2.8. PROJECTIONS SUR UN AN ET TABLES DE DÉCISION

Le processus d'évaluation des stocks modélisés nécessite une projection de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année à venir afin de pouvoir déterminer l'état du stock. Les projections sont utilisées pour élaborer des tables de décision et fournir des avis scientifiques pour les stocks modélisés de pétoncles dans la région des Maritimes du MPO (p. ex. Hubley *et al.* 2014; MPO 2023a). Les résultats du modèle rétrospectif peuvent être utilisés avec les projections sur un an pour quantifier la capacité de ces projections à estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Par exemple, le modèle rétrospectif de 2010 peut être utilisé pour prévoir la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2011 (en fonction des débarquements réels entre juin 2010 et mai 2011). Cette projection sur un an peut ensuite être comparée aux prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de 2011 à partir du modèle rétrospectif de 2011. Cette procédure est répétée pour chaque année pour laquelle des résultats de modèle rétrospectif étaient disponibles.

Pour les projections sur un an et les tables de décision, les prévisions d'année terminale de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, de la biomasse des recrues, des termes de croissance et de la mortalité naturelle sont utilisées en combinaison avec les débarquements prévus pour l'année à venir afin de prévoir la biomasse de l'année suivante. Le recrutement est observé, mais il faut supposer une croissance et une mortalité naturelle. Pour le MBEE actuellement utilisé, l'approche par défaut suppose que la croissance et la mortalité naturelle seront identiques à celles de l'année en cours (Jonsen *et al.* 2009; Hubley *et al.* 2014). Dans le présent rapport, cette combinaison d'hypothèses de paramètres pour les projections est appelée méthode de l'*année précédente*.

Le MESE calcule la biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour les projections sur un an de chaque nœud en supposant que l'année de projection est une année sans données ni débarquements. Les résultats de projection obtenus directement à partir du MESE sont appelés résultats de la méthode *spatiale*. Outre cette méthode *spatiale*, nous avons également élaboré des projections sur un an simplifiées en utilisant une version non spatiale de l'équation du processus et les paramètres du processus (c.-à-d., la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues, la mortalité naturelle, les débarquements et les termes de croissance) pour estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année de projection ($PB_{fr\ t+1}$) :

$$PB_{fr\ t+1} = (e^{-m_t} g_{fr\ t} (B_{fr\ t} - C_{tot\ t}) + e^{-m_t} g_{r\ t} R_{tot\ t})$$

Comme elle utilise les prévisions du modèle de l'année la plus récente du MESE pour m_t , $R_{tot\ t}$, $g_{fr\ t}$, et $g_{r\ t}$, cette méthode est analogue à la méthode par défaut de l'*année précédente* utilisée dans le MBEE, et est également appelée méthode de l'*année précédente* pour le MESE.

Pour le MESE et le MBEE, six autres méthodes non spatiales de projection de la biomasse ont été évaluées et comparées. La méthode *sans croissance des pétoncles pleinement recrutés* fixe la croissance des pétoncles pleinement recrutés $g_{fr\ t}$ à 1 et la méthode *sans croissance* fixe $g_{fr\ t}$ et la croissance des recrues $g_{r\ t}$ à 1. Ces deux méthodes utilisent les prévisions du modèle de l'année la plus récente pour la mortalité naturelle m_t et la biomasse des recrues $R_{tot\ t}$. La méthode de *productivité nulle* fixe $R_{tot\ t}$ et m_t à 0 et $g_{fr\ t}$ et $g_{r\ t}$ à 1. Une méthode de *productivité médiane* utilise la médiane de la série chronologique pour les prévisions du modèle de m_t , $R_{tot\ t}$, $g_{fr\ t}$ et $g_{r\ t}$ pour les projections de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. La méthode du *recrutement médian* a utilisé le recrutement médian dans la série chronologique pour $R_{tot\ t}$, tout en utilisant les prévisions du modèle de l'année la plus récente pour m_t , $g_{fr\ t}$ et $g_{r\ t}$. La méthode de la *mortalité médiane* a utilisé la mortalité naturelle médiane pour m_t , tout en utilisant les prévisions du modèle de l'année la plus récente $R_{tot\ t}$, $g_{fr\ t}$ et $g_{r\ t}$.

Pour les méthodes de projection non spatiales élaborées pour le MESE, l'incertitude a été propagée à l'année de prévision ($t + 1$) pour B_{frt} , $R_{tot t}$ et m_t en utilisant une distribution log-normale et les erreurs types estimées pour chaque paramètre de productivité dans l'année terminale du modèle. Pour le MESE, les méthodes dans lesquelles $R_{tot t}$ et m_t sont fixées à leur médiane, les erreurs types sont également fixées à leurs médianes. Pour chaque année de projection évaluée à l'aide des méthodes de projection non spatiales du MESE, un million de réalisations ont été effectuées. Pour le MBEE, les réalisations pour les scénarios médians utilisent simplement la ou les valeurs médianes appropriées de la série chronologique.

Pour les stocks de pétoncles de la région des Maritimes du MPO, des tables de décision sont utilisées pour fournir des avis scientifiques (p. ex. MPO 2023a, 2023b; MPO 2023c). Ces tables utilisent les projections sur un an du modèle d'évaluation le plus récent pour fournir des projections de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en utilisant une série de scénarios de débarquements. Afin de comparer davantage le MBEE et le MESE, d'après les résultats de l'analyse des projections sur un an, des tables de décision pour l'année 2023 ont été élaborées pour les ZPP 25A et 26A en utilisant les résultats de 2022 selon la méthode *sans croissance*.

3. RÉSULTATS

3.1. MODÈLE BAYÉSIEN ÉTAT-ESPACE (MBEE) NON SPATIAL

3.1.1. ZPP 25A

Pour le MBEE dans la ZPP 25A, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés a été élevée pendant la majeure partie de la première décennie des années 2000, elle a culminé à 7 224 tonnes (t) en 2008 et est en déclin depuis, la plus faible valeur ayant été observée (1 808 t) en 2021 (figure 4). La biomasse des recrues a été élevée tout au long du début des années 2000, avec un pic de 1 203 t en 2000; la biomasse des recrues est relativement élevée depuis 2017, après une période prolongée de faible biomasse des recrues (figure 5). La mortalité naturelle (instantanée) dans la ZPP 25A a été très variable, plusieurs années montrant une mortalité naturelle supérieure à 0,4 (figures 6 et 7). Les années de mortalité naturelle élevée ont été épisodiques sans aucune tendance temporelle discernable pour les pétoncles pleinement recrutés, tandis que les prévisions de mortalité naturelle des recrues étaient relativement faibles (médiane des recrues $m = 0,16$) depuis 2011 (figures 6 et 7). La capturabilité estimée par le modèle pour la zone était très semblable à la distribution *a priori* de la capturabilité (médiane = 0,33), indiquant qu'il y avait peu d'informations dans les données pour informer la capturabilité dans le MBEE pour la ZPP 25A (figure 8). La mortalité par pêche n'a jamais dépassé 0,053 et est inférieure à 0,02 depuis 2006 (figure 9). Le tableau 1 présente des prévisions supplémentaires concernant les paramètres du modèle.

3.1.2. ZPP 26A

Pour le MBEE de la ZPP 26A, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de la zone était élevée au cours d'une période de cinq ans à la fin des années 1990 et au début des années 2000 (figure 10). La biomasse des pétoncles pleinement recrutés a généralement diminué depuis la biomasse maximale observée (18 433 t) en 2003, la biomasse la plus faible ayant été observée en 2017 (3 162 t; figure 10). Deux épisodes de recrutement important ont été mis en évidence par le MBEE : un à la fin des années 1990 et au début des années 2000, et un deuxième épisode de recrutement de même ampleur vers 2010 (figure 11). Les prévisions de la mortalité naturelle (instantanée) dans la ZPP 26A étaient généralement relativement élevées, plusieurs années présentant des taux de mortalité naturelle supérieurs à 0,4, bien que

les prévisions de mortalité naturelle aient été relativement faibles (médiane pleinement recrutée $m = 0,12$) depuis 2018 (figures 12 et 13). La capturabilité estimée par le modèle était de 0,32, soit légèrement inférieure à la valeur *a priori* de la capturabilité (figure 14). La mortalité par pêche maximale estimée dans la ZPP 26A était de 0,26 (figure 15). Le tableau 2 présente des prévisions supplémentaires concernant les paramètres du modèle.

3.2. MODÈLE D'ÉVALUATION SPATIALEMENT EXPLICITE (MESE)

3.2.1. ZPP 25A

Les prévisions de biomasse des pétoncles pleinement recrutés du MESE dans la ZPP 25A indiquent que la biomasse était élevée pendant la majeure partie de la première décennie des années 2000 (figure 16). La biomasse des pétoncles pleinement recrutés diminue depuis la biomasse maximale (10 278 t) observée en 2004, la biomasse la plus faible (1 447 t) ayant été observée en 2021. Les parties sud et ouest de la ZPP 25A ont présenté des densités de biomasse des pétoncles pleinement recrutés généralement plus élevées que les zones plus au nord jusqu'au début ou au milieu des années 2010; ces dernières années, ce schéma s'est inversé et le nœud le plus au sud-ouest a souvent présenté la plus faible densité de biomasse observée (figure 17). Les capturabilités prévues des pétoncles pleinement recrutés étaient très variables dans la ZPP 25A, allant de 0,25 dans le sud-ouest à 0,42 dans le nord-est (figure 18).

L'augmentation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au début des années 2000 est due à un épisode de recrutement relativement important qui s'est déroulé de 2000 à 2006 (figure 19). La biomasse des recrues a légèrement augmenté depuis 2018. Sur le plan spatial, la biomasse des recrues a eu tendance à être plus élevée dans la partie sud-ouest de la ZPP 25A, ce qui a été plus évident au début des années 2000 et, dans une moindre mesure, depuis 2018 (figure 20). Alors que la biomasse des recrues élevée s'est traduite par une biomasse des pétoncles pleinement recrutés élevée au début des années 2000, ce n'est plus le cas depuis 2018.

La mortalité naturelle dans la ZPP 25A a été très variable, plusieurs années montrant une mortalité naturelle instantanée supérieure à 0,4 (figure 21). Les années de forte mortalité naturelle ont été spasmodiques, sans aucune tendance temporelle perceptible, bien que ces périodes durent parfois deux ans. Les parties sud de la ZPP 25A ont eu tendance à présenter une mortalité naturelle plus élevée que les zones au nord, en particulier au cours des dernières années (figure 22). Les zones où les prévisions de mortalité naturelle sont les plus élevées sont généralement celles où la densité de la biomasse des recrues est la plus élevée (figures 17 et 22). Ces résultats concordent avec les valeurs de fréquence de hauteur de coquille observées dans cette zone, qui indiquent que les pétoncles atteignaient la taille de recrutement en assez grand nombre, mais n'ont pas été observés à la taille de plein recrutement depuis environ 2018 (voir les fréquences de hauteur de coquille observées dans la ZPP 25A dans les figures 92 et A15 dans Keyser *et al.* sous presse).

La mortalité par pêche (instantanée) dans la ZPP 25A a été relativement faible pendant toutes les années de pêche, se situant entre 0 et 0,05 (figure 23). La mortalité par pêche était généralement plus élevée à la fin des années 1990 et au début des années 2000; depuis lors, elle est généralement en baisse et s'est rapprochée de 0 au cours des deux dernières années (figure 24). La mortalité par pêche dans la partie nord-ouest de la ZPP 25A est restée relativement stable jusqu'à la fin des années 2010, tandis que le nombre de nœuds non pêchés a augmenté à partir du début des années 2010 (nœuds gris, figure 24). Les autres paramètres du modèle figurent dans le tableau 3.

3.2.2. ZPP 26A

Les prévisions de biomasse des pétoncles pleinement recrutés du MESE dans la ZPP 26A indiquent une période de cinq ans, à la fin des années 1990 et au début des années 2000, au cours de laquelle la biomasse de la zone était élevée (figure 25). La biomasse des pétoncles pleinement recrutés a généralement diminué depuis 2004, la biomasse la plus faible ayant été observée en 2017 (3 397 t), et affiche une légère augmentation de la biomasse depuis (figure 25). Sur le plan spatial, depuis la fin des années 1990, les plus fortes densités de biomasse ont été constamment observées dans la partie nord de la ZPP 26A, de fortes densités de biomasse ayant également été observées dans les zones du centre-sud (figure 26). Les capturabilités les plus faibles ont été observées dans une bande traversant la partie centre-nord de la ZPP 26A, avec des capturabilités comprises entre 0,26 et 0,44 dans l'ensemble de la zone couverte par le modèle (figure 27).

L'augmentation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés à la fin des années 1990 est due à l'événement de recrutement le plus important observé dans la ZPP 26A entre 1999 et 2002 (figure 28). Environ dix ans plus tard, un épisode de recrutement relativement important a eu lieu, associé à une augmentation moins prononcée de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés à partir de 2010. La biomasse des recrues a été constamment faible au cours des dix dernières années. Les nœuds présentant les plus fortes densités de biomasse des recrues concordent dans le temps et dans l'espace avec les nœuds présentant une forte biomasse des recrues. De fortes densités de biomasse des recrues ont été observées dans l'ensemble de la zone entre 2000 et 2002 et à nouveau entre 2009 et 2011 (figure 29). Entre 2014 et 2016, des épisodes de recrutement plus localisés ont été observés dans la partie nord de la ZPP 26A, ces épisodes ayant probablement contribué à la densité relativement élevée de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans ces nœuds au cours des dernières années (figure 29).

La mortalité naturelle a été très variable dans la ZPP 26A, avec des mortalités naturelles instantanées supérieures à 0,4 au cours de plusieurs années (figure 30). La mortalité naturelle a été relativement élevée entre 1994 et 2002 et au milieu des années 2010, mais depuis 2018, elle est constamment faible (figure 30). Aucune zone de la ZPP 26A n'a présenté de taux de mortalité naturelle constamment plus élevés; les années où la mortalité naturelle était élevée, elle avait tendance à l'être dans la majeure partie du domaine du modèle (figure 31).

La mortalité par pêche (instantanée) a varié entre 0,03 et 0,2 dans la ZPP 26A (figure 32). La mortalité par pêche est relativement faible depuis la mortalité par pêche la plus élevée, observée en 2016, la mortalité de 2021 étant la plus faible observée depuis plus d'une décennie. Sur le plan spatial, la mortalité par pêche a été généralement un peu plus élevée dans la partie centrale la plus au nord de la ZPP 26A, certains nœuds de cette zone ayant généralement été visés par une pêche (figure 33). D'autres zones ont montré une pêche généralement plus sporadique, avec des périodes au cours desquelles un nœud a connu peu ou pas de pêche pendant une période d'un à deux ans (figure 33). Les autres paramètres du modèle figurent dans le tableau 4.

3.3. APERÇU DE L'EXPLOITATION ET DE LA BIOMASSE

3.3.1. ZPP 25A

Les diagrammes de phase (pour le MBEE et le MESE) montrent que le taux d'exploitation est resté faible pour la ZPP 25A tout au long de la série chronologique, certains des taux d'exploitation les plus faibles ayant été enregistrés alors que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés a diminué au cours des 15 dernières années (figure 34). Il n'y a pas de

relation entre le changement de biomasse et le taux d'exploitation tout au long de la période modélisée dans la ZPP 25A, tant pour le MBEE que pour le MESE (figure 35). Enfin, le taux d'exploitation modélisé pour la ZPP 25A était corrélé (p. ex. pour le MESE $\rho = 0,75$, $p < 0,001$) à la mortalité par pêche relative dérivée de Keyser *et al.* (sous presse) pour le MBEE et le MESE (figure 36).

3.4. ZPP 26A

Les diagrammes de phase (pour le MBEE et le MESE) montrent que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés a diminué chaque fois que le taux d'exploitation était élevé et qu'il y a eu peu de changement dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés depuis 2016 malgré une grande variation du taux d'exploitation (figure 37). La biomasse des pétoncles pleinement recrutés a généralement diminué lorsque le taux d'exploitation dans la ZPP 26A dépassait environ 10 % pour le MBEE et le MESE (figure 38). Enfin, le taux d'exploitation modélisé pour la ZPP 26A était corrélé (p. ex. pour le MESE $\rho = 0,8$, $p < 0,001$) à la mortalité par pêche relative dérivée de Keyser *et al.* (sous presse) pour le MBEE et le MESE (figure 39).

3.5. ERREUR DE PROCESSUS ET CHAMPS ALÉATOIRES

3.5.1. ZPP 25A

L'erreur de processus du MBEE pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la ZPP 25A était centrée autour de 0 pendant la majeure partie de la période modélisée, mais elle est négative depuis 2018, ce qui indique que l'équation du processus tendait à surestimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours des dernières années (figure 40). Pour le MESE, les champs aléatoires de l'erreur de processus étaient généralement plus positifs au début de la série chronologique et ont eu tendance à être négatifs depuis 2011 (figures 41 et 42). L'erreur de processus a eu tendance à être plus faible dans la partie sud-est de la ZPP 25A, en particulier au cours des dernières années, tandis que celle du nord-est du sud-ouest a eu tendance à être plus élevée (figure 41). Toutefois, la variabilité spatiale au cours d'une année donnée peut être très différente de ces tendances générales (figure 41).

Les tendances d'erreur de la biomasse des recrues ont eu tendance à être légèrement plus élevées dans la partie sud-est de la ZPP 25A au cours des dernières années. Comme dans le cas de la structure d'erreur du recrutement entier, ces tendances présentent une variabilité interannuelle importante (figure 43). De même, en ce qui concerne la mortalité naturelle, les modèles présentaient une variabilité interannuelle importante, mais la partie sud-est de la ZPP 25A présentait souvent des valeurs plus élevées que les autres zones (figure 44).

3.5.2. ZPP 26A

L'erreur de processus du MBEE pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la ZPP 26A a été généralement positive au cours de la première décennie de la période couverte par le modèle, et généralement négative depuis 2011. Cela indique que l'équation du processus tendait à sous-estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au début de la période couverte par le modèle et à surestimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours des dernières années (figure 45). Les tendances sont semblables à celles du MESE : les premières années montraient généralement une erreur positive et les dernières années ont été négatives (figures 46 et 47). L'erreur de processus était très variable d'une année à l'autre et au cours d'une même année, avec des valeurs d'erreur de processus plus élevées au milieu du domaine spatial (figure 46).

L'absence de structure spatiale cohérente était évidente dans le champ aléatoire de la biomasse des recrues (figure 48). Le champ aléatoire de la mortalité naturelle présente une structure plus définie, la partie centrale de la ZPP 26A ayant tendance à présenter une plus grande variabilité interannuelle que les bords (figure 49).

3.6. RÉSIDUS DU MODÈLE

Dans la ZPP 25A, les résidus de la biomasse des recrues et de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du MBEE étaient très variables; on a observé une légère augmentation des résidus à mesure que les prévisions du modèle concernant la biomasse des recrues augmentaient (figures 50 et 51). Dans la ZPP 26A, les résidus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés et de la biomasse des recrues du MBEE étaient très variables. Les résidus de la biomasse des recrues ont augmenté à mesure que les prévisions du modèle concernant la biomasse des recrues augmentaient (figures 52 et 53).

Pour le MESE dans les ZPP 25A et 26A, la variabilité résiduelle de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés était semblable dans l'éventail complet des prévisions modélisées de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. La variabilité des résidus des recrues n'a pas changé avec l'augmentation de la biomasse des recrues (figures 54 à 57). Bien que cela soit difficile à voir, il y a eu un certain biais dans les résidus de recrue à une biomasse des recrues prévue plus faible, car les résidus faibles étaient moins fréquents que prévu (figures 55 et 57). Les résidus du MESE pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés des deux stocks s'écartent de la normalité puisque les distributions des observations (sur l'échelle logarithmique) étaient biaisées à gauche; les résidus de la biomasse des recrues ne présentaient pas d'écarts notables par rapport à la normalité (figures 58 à 61).

3.7. ANALYSES RÉTROSPECTIVES

3.7.1. ZPP 25A

L'analyse rétrospective du MBEE de la ZPP 25A a indiqué un biais rétrospectif minimal pour les prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Le rho de Mohn sur cinq ans (MR_5) était de 0,13 tandis que le rho de Mohn global (MR_{all}) était de 0,06 (Figure 62). Cette différence de biomasse était positive la plupart des années, ce qui indique que les prévisions de biomasse dans le modèle complet étaient inférieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données. Depuis 2018, cette tendance est plus marquée que d'habitude (tableau 5).

Les estimations MR_5 (0,07) et MR_{all} (0,04) associées à la biomasse des recrues dans le MBEE étaient également relativement faibles. Cette différence de biomasse était toujours positive, ce qui indique que les prévisions de biomasse des recrues dans le modèle complet étaient inférieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données. Depuis 2018, les différences sont relativement importantes (tableau 5 et figure 63).

La mortalité naturelle rétrospective du MBEE était plus variable que l'une ou l'autre des biomasses rétrospectives, mais comme cette variabilité était à la fois positive et négative, les valeurs du rho de Mohn étaient relativement faibles ($MR_5 = 0,03$ et $MR_{all} = 0,02$). Alors que la mortalité naturelle rétrospective varie généralement entre des valeurs positives et négatives, elle était relativement élevée en 2019 et 2021 (tableau 5 et figure 64).

L'analyse rétrospective pour le MESE a indiqué un biais relativement faible dans les prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, le rho de Mohn sur cinq ans (MR_5) était de -0,09 et le rho de Mohn global (MR_{all}) était de -0,11 (figure 65). Cette différence de

biomasse était négative la plupart des années, ce qui indique que les prévisions de biomasse dans le modèle complet étaient supérieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données (tableau 6).

Les estimations MR_5 (0,06) et MR_{all} (0,21) associées à la biomasse des recrues du MESE étaient plus élevées que pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. La plupart des années, les prévisions de la biomasse des recrues du modèle complet étaient inférieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données (tableau 6). En outre, depuis 2003, les prévisions de biomasse des recrues du modèle complet étaient parmi les plus faibles observées de tous les modèles utilisés dans l'analyse rétrospective (figure 66).

La mortalité naturelle rétrospective du MESE avait tendance à être positive; la valeur de MR_5 était de 0,06 tandis que celle de MR_{all} était de 0,05, il n'y avait pas de tendance temporelle claire dans la mortalité naturelle rétrospective (tableau 6 et figure 67).

3.7.2. ZPP 26A

L'analyse rétrospective du MBEE de la ZPP 26A a également indiqué un biais rétrospectif minimal pour les prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (figure 68). Le rho de Mohn sur cinq ans (MR_5) était de 0,02 tandis que le rho de Mohn global (MR_{all}) était de 0,04. La différence de biomasse était positive la plupart des années, ce qui indique que les prévisions de biomasse dans le modèle complet étaient habituellement inférieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données (tableau 7).

Les estimations MR_5 (0,03) et MR_{all} (0,02) associées à la biomasse des recrues dans le MBEE étaient également relativement faibles. La biomasse des recrues de l'analyse rétrospective était habituellement positive, ce qui indique que les prévisions de biomasse des recrues dans le modèle complet étaient généralement inférieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données (tableau 7 et figure 69).

La mortalité naturelle rétrospective du MBEE était également relativement faible; la valeur de MR_5 était de -0,01 tandis que celle de MR_{all} était de -0,01. La mortalité naturelle de l'analyse rétrospective a généralement varié entre des valeurs positives et négatives plus fréquemment que la biomasse rétrospective (tableau 7 et figure 70).

L'analyse rétrospective de la ZPP 26A du MESE a indiqué un biais relativement faible dans les prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés; la valeur de MR_5 était de 0,04 tandis que celle de MR_{all} était de 0,04 (figure 71). Cette différence de biomasse était positive depuis 2010, ce qui indique que les prévisions de biomasse dans le modèle complet étaient inférieures aux prévisions de biomasse des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données au cours de cette période (tableau 8).

Les estimations MR_5 (0,27) et MR_{all} (0,39) associées à la biomasse des recrues du MESE étaient les valeurs observées les plus élevées dans cette analyse. La plupart des années, les prévisions de la biomasse des recrues du modèle complet étaient inférieures aux prévisions de biomasse des recrues des années terminales pour les modèles ayant moins d'années de données (tableau 8). En outre, les prévisions de biomasse des recrues du modèle complet étaient parmi les plus faibles observées de tous les modèles utilisés dans l'analyse rétrospective, avec une tendance à la baisse évidente des prévisions de la biomasse des recrues dans les modèles rétrospectifs depuis 2010 (figure 72).

Les analyses rétrospectives de la mortalité naturelle du MESE ont indiqué que la valeur de MR_5 était de -0,08 tandis que celle de MR_{all} était de -0,02; les prévisions de mortalité naturelle du

modèle complet ont été généralement négatives au cours de la dernière décennie, ce qui indique que la mortalité naturelle du modèle complet était plus élevée que la mortalité naturelle du modèle rétrospectif au cours de cette période (tableau 8 et figure 73).

3.8. ÉVALUATIONS DES PRÉVISIONS ET TABLES DE DÉCISION

3.8.1. ZPP 25A

Les résultats de l'évaluation des prévisions pour le MBEE ont indiqué que la méthode de l'*année précédente* avait une projection médiane de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés qui était supérieure de 10,5 %, ou 419 t, à la biomasse réelle médiane (figure 74). La méthode *sans croissance des pétoncles pleinement recrutés* a fourni les projections de biomasse des pétoncles pleinement recrutés les moins biaisées; la projection médiane de biomasse des pétoncles pleinement recrutés était de -3,5 %, ou -139 t, en dessous de la biomasse réelle (figure 75).

Un exemple de l'application de la table de décision est fourni pour 2023 en utilisant la méthode *sans croissance des pétoncles pleinement recrutés* et les résultats du modèle de 2022 pour le MBEE. Il n'y a pas eu de pêche dans la ZPP 25A-Sab lors de la saison de pêche 2023 et la ligne sans débarquement dans le tableau 9 est donc la ligne à utiliser à des fins de comparaison. Les tables de décision du MBEE indiquent qu'en 2023, en l'absence de pêche, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la ZPP 25A augmenterait probablement de 33 % (tableau 9); l'indice de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés observée dans le cadre du relevé de 2023 (données non publiées) a augmenté d'environ 16 % par rapport à 2022.

Pour le MESE, la méthode *spatiale* avait une projection médiane de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés qui était supérieure de 13,4 % ou 396 t à la biomasse réelle (figure 76). La méthode la plus efficace était la méthode *sans croissance*, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés médiane prévue étant inférieure de -1,8 % ou -56 t à la biomasse réelle (figure 77).

Un exemple de l'application de la table de décision est fourni pour 2023 en utilisant la méthode *sans croissance* et les résultats du modèle de 2022 pour le MESE. Il n'y a pas eu de pêche dans la ZPP 25A-Sab lors de la saison de pêche 2023 et la ligne sans débarquement dans le tableau 10 est donc la ligne à utiliser à des fins de comparaison. Les tables de décision du MESE indiquent qu'en 2023, en l'absence de pêche, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la ZPP 25A augmenterait probablement de 14 % (tableau 10), ce qui correspond presque à l'augmentation observée de 16 % (données non publiées).

3.8.2. ZPP 26A

Pour le MBEE, la méthode de l'*année précédente* avait une projection médiane de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés qui était supérieure de 18,1 % ou 796 t à la biomasse réelle médiane (figure 78). Trois méthodes ont fourni des résultats relativement impartiaux (la méthode de la *productivité médiane*, la méthode *sans croissance* et la méthode de la *productivité nulle*). La méthode de la *productivité médiane* avait une projection médiane de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés qui était inférieure de -4,7 % ou -247 t à la biomasse réelle médiane (figure 79).

Un exemple de l'application de la table de décision est fourni pour 2023 en utilisant la méthode de la *productivité médiane* et les résultats du modèle de 2022 pour le MBEE. Les débarquements de l'année du relevé (juin 2022 à mai 2023) dans la ZPP 26A étaient de 227 t et la ligne du tableau 11 avec des débarquements de 225 t est donc utilisée à des fins de

comparaison. Pour le scénario d'élimination de 225 t utilisant le MBEE, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2023 dans la ZPP 26A devait augmenter de 2 % (tableau 11); la dernière évaluation du stock indiquait une augmentation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés d'environ 6 % en 2023 (MPO 2024).

Pour le MESE, la méthode *spatiale* avait une projection médiane de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés qui était supérieure de 8,8 % ou 541 t à la biomasse réelle (figure 80). La méthode la plus efficace était la méthode de l'*année précédente*, la biomasse médiane prévue des pétoncles pleinement recrutés étant de 0,4 % ou 17 t supérieure à la biomasse réelle (figure 81).

Un exemple de l'application de la table de décision est fourni pour 2023 en utilisant la méthode de l'*année précédente* et les résultats du modèle de 2022 pour le MESE. Les débarquements de l'année du relevé (juin 2022 à mai 2023) dans la ZPP 26A étaient de 227 t et la ligne du tableau 12 avec des débarquements de 225 t est donc utilisée à des fins de comparaison. Pour le scénario de prélèvements de 225 t utilisant le MESE, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2023 dans la ZPP 26A devait diminuer de -1,6 % (tableau 12); la dernière évaluation du stock indiquait une augmentation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés d'environ 6 % en 2023 (MPO 2024).

3.9. COMPARAISON SOMMAIRE ENTRE LE MESE ET LE MBEE

3.9.1. ZPP 25A

Dans la ZPP 25A, les prévisions médianes de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans le MESE étaient environ 11 % plus élevées que dans le MBEE. Cela est principalement dû au fait que les prévisions de biomasse des pétoncles pleinement recrutés du MESE étaient considérablement plus élevées pendant la majeure partie des 20 premières années; cette tendance s'est inversée au cours des dernières années (figure 82). Cela s'explique en partie par le fait que le recrutement au début des années 2000 était beaucoup plus élevé dans le MESE que dans le MBEE, alors que le recrutement dans le MBEE devait être plus élevé au cours des six dernières années (figure 83). Les deux modèles indiquent que le recrutement a été relativement important ces dernières années, mais cela ne s'est pas traduit par une biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans l'un ou l'autre modèle. Les prévisions de mortalité naturelle devaient être légèrement plus élevées dans le MESE que la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés dans le MBEE, mais la mortalité naturelle dans le MESE présentait la même variabilité interannuelle que la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés dans le MBEE (figure 84). En outre, les prévisions relatives à la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, à la biomasse des recrues et à la mortalité naturelle dans le MESE présentaient moins d'incertitude que celles du MBEE (c.-à-d. que les intervalles de confiance à 95 % dans le MESE étaient généralement plus petits que les intervalles de crédibilité à 95 % dans le MBEE, figures 82 à 84). Le MBEE et le MESE présentaient tous deux des tendances rétrospectives de biomasse des pétoncles pleinement recrutés relativement faibles. Les prévisions de la biomasse sur un an utilisant les méthodes par défaut pour le MBEE et le MESE ont surestimé la biomasse réelle, mais ce biais a été éliminé en utilisant la méthode *sans croissance des pétoncles pleinement recrutés* pour le MBEE et la méthode *sans croissance* pour le MESE.

3.9.2. ZPP 26A

Dans la ZPP 26A, les prévisions médianes de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans le MESE étaient environ 12 % plus élevées que prévu par le MBEE (figure 85). Les différences les plus importantes ont été observées au cours des cinq premières années; en

outre, depuis 2017, l'année ayant connu la biomasse observée la plus faible, le MESE a suggéré une augmentation modeste de la biomasse, alors qu'il y a eu peu de changement dans les estimations de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du MBEE (figure 85). Les prévisions de biomasse des recrues étaient semblables entre le MBEE et le MESE pour la plupart des années, mais en 2009 et 2010, les prévisions du MBEE étaient environ deux fois plus importantes que celles du MESE (figure 86). Cette différence peut être attribuée en partie à deux traits de relevé en 2009 et 2010 au cours desquels un nombre élevé de recrues ont été observées dans la partie sud-est de la ZPP 26A, et en partie à une zone où la biomasse des recrues est constamment élevée au nord; le MESE a effectivement limité l'influence de ces traits aux nœuds dans lesquels la biomasse élevée a été observée (figure 29). Les prévisions de mortalité naturelle devaient être légèrement plus élevées dans le MESE que la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés dans le MBEE, mais la mortalité naturelle dans le MESE présentait la même variabilité interannuelle que la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés dans le MBEE (figure 87). En outre, les prévisions relatives à la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, à la biomasse des recrues et à la mortalité naturelle dans le MESE avaient tendance à être légèrement inférieures à l'incertitude dans le MBEE (c.-à-d. que les intervalles de confiance à 95 % dans le MESE étaient généralement plus petits que les intervalles de crédibilité à 95 % dans le MBEE, figures 85 à 87). Le MBEE et le MESE présentaient tous deux des tendances rétrospectives de biomasse des pétoncles pleinement recrutés relativement faibles. Les projections de la biomasse sur un an établies à l'aide des méthodes par défaut pour le MBEE et le MESE ont surestimé la biomasse réelle. Pour le MBEE, ce biais a été éliminé en utilisant la méthode de la *productivité médiane, sans croissance* ou de la *productivité nulle* tandis que pour le MESE, le biais a été effectivement éliminé en utilisant la méthode de l'*année précédente*.

4. CONCLUSIONS

Dans l'ensemble, les deux approches de modélisation ont donné des résultats largement semblables, mais il y a eu des différences dans les paramètres de productivité entre les modèles. Les prévisions de biomasse du MESE avaient tendance à être plus élevées que celles observées pour le MBEE; ces différences étaient liées à la fois aux différences dans les prévisions de capturabilité et aux effets de la prise en compte des tendances spatiales dans les données. Dans la ZPP 26A, les changements relatifs de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au fil du temps étaient semblables dans les deux approches tandis que dans la ZPP 25A, les changements relatifs de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés étaient plus faibles pour le MBEE. Le taux d'exploitation dans la ZPP 25A a été faible tout au long de la période couverte par le modèle et la pêche a eu peu d'incidence sur la dynamique du stock. Dans la ZPP 26A, il a été prouvé que la pêche avait des répercussions sur la dynamique du stock; la biomasse des pétoncles pleinement recrutés a généralement diminué lorsque le taux d'exploitation a dépassé environ 10 %.

Dans les ZPP 25A et 26A, les tendances rétrospectives du MBEE et du MESE pour les prévisions de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés indiquent que les approches de modélisation fournissent toutes deux des prévisions de biomasse des pétoncles pleinement recrutés cohérentes dans le temps. Le fait de fixer la valeur du paramètre *S* dans ces modèles a entraîné une plus faible variabilité rétrospective de la mortalité naturelle et a mené à des tendances rétrospectives de mortalité naturelle plus faibles que lorsque la valeur de *S* était estimée librement (les résultats des modèles avec des valeurs *S* non contraintes ne sont pas montrés). Pour le MBEE, cela a également mené à une variabilité rétrospective plus faible de la biomasse des recrues et a semblé aider à surmonter le défi que représente l'estimation de ces deux paramètres de productivité (McDonald *et al.* 2021; McDonald *et al.* 2022), tandis que pour

le MESE, les tendances rétrospectives de la biomasse des recrues ont indiqué que l'augmentation de la longueur de la série chronologique avait tendance à entraîner une estimation plus faible de la biomasse des recrues.

La mortalité naturelle estimée à l'aide du MESE pour la ZPP 25A était plus élevée que les estimations de la mortalité naturelle utilisées dans le MBEE ou pour le MESE dans la ZPP 26A. Cette situation est attribuable à l'utilisation du paramètre *S* dans les modèles pour moduler le terme de l'erreur due au processus de manière à ce qu'il soit centré autour de 0. La mortalité naturelle plus élevée dans la ZPP 25A cadre avec la productivité plus faible de cette zone; bien que la zone n'ait pas connu beaucoup de pêche, la biomasse du stock est généralement en déclin depuis plus d'une décennie. En outre, au cours des dernières années, des épisodes de pré-recrutement modestes ont été observés, mais ces pétoncles n'atteignent pas la taille de plein recrutement en grands nombres (Keyser *et al.* sous presse). En effet, au cours des cinq dernières années, le terme de l'erreur de processus pour la ZPP 25A a été négatif, ce qui indique qu'il pourrait y avoir eu une augmentation récente de la mortalité naturelle qui n'est pas pleinement prise en compte par l'indice des claquettes. Enfin, il convient de souligner que lorsque le paramètre *S* est fixé de cette manière, la variabilité de la sélectivité des claquettes et celle de la mortalité naturelle sont attribuées à la mortalité naturelle, ce qui pourrait entraîner une augmentation de la variabilité observée pour les estimations de la mortalité naturelle.

Pour les deux approches de modélisation, les preuves issues de plusieurs raisonnements (p. ex. l'erreur de processus et les prévisions sur un an) semblent indiquer qu'il y a eu une baisse de la productivité globale des deux stocks au cours des dernières années. Le terme de l'erreur de processus dans le MBEE et le champ aléatoire dans le MESE compensent ceci lorsque des données (p. ex. un relevé) sont disponibles. Le problème s'est posé lorsqu'on tentait d'obtenir des prévisions à l'aide des paramétrages par défaut du modèle. Un problème semblable a été relevé précédemment avec le MBEE dans la ZPP 26A (p. ex. tableau 9, Hubley *et al.* 2014). Nous avons testé plusieurs hypothèses (méthodes) différentes relatives à la productivité globale des stocks afin de déterminer l'incidence de ces hypothèses sur nos projections; plusieurs méthodes ont fourni des projections moins biaisées que les méthodes par défaut.

Dans l'ensemble, cette analyse conclut que le MBEE et le MESE constituent des approches de modélisation raisonnables pour évaluer l'état des stocks des ZPP 25A et 26A. Toutefois, l'absence de relation entre la biomasse des pétoncles pleinement recrutés et la mortalité par pêche dans la ZPP 25A met en évidence les difficultés que pose la gestion de ce stock dans le cadre de l'approche de précaution du MPO, étant donné que cette approche repose sur l'hypothèse selon laquelle les variations de la mortalité par pêche auront une incidence sur la dynamique du stock. Avec tout le soin et l'attention nécessaires, le MBEE et le MESE pourraient tous deux être utilisés pour les ZPP 25A et 26A pour appuyer la prise de décisions efficaces en matière de gestion des pêches dans l'avenir.

L'utilisation du MBEE est recommandée pour la ZPP 25A. Voici les raisons qui expliquent ce choix : 1) le manque de débarquements dans la ZPP 25A se traduit par de nombreux nœuds contenant très peu d'information, ce qui rend l'utilisation du MESE difficile; 2) la densité de pétoncles pleinement recrutés est beaucoup plus faible dans la ZPP 25A. Si l'on ajoute à cela la taille de la zone, la quantité d'information pour alimenter le MESE est beaucoup plus faible dans la ZPP 25A (le domaine de relevé de la ZPP 25A est environ quatre fois plus grand que le domaine de relevé de la ZPP 26A). Lorsque l'on utilise le MBEE pour la ZPP 25A, la méthode sans croissance des pétoncles pleinement recrutés fournit les projections de biomasse des pétoncles pleinement recrutés les moins biaisées sur un an. Cette méthode sera utilisée dans les réunions-cadres ultérieures et pour éclairer les avis sur les prises dans la ZPP 25A.

Pour la ZPP 26A, on recommande d'utiliser le MESE pour la modélisation à l'avenir. Bien que le MBEE se soit avéré un outil utile pour fournir des avis scientifiques sur la pêche du pétoncle dans la région des Maritimes depuis plus de 20 ans (p. ex. Smith et al. 2003), nous pensons que son utilité dans l'avenir est plus limitée que celle du MESE. Dans les zones présentant suffisamment de données de relevé et de pêche, nous pensons que le passage au MESE présente plusieurs avantages, notamment : 1) le MESE fournit toutes les informations fournies par le MBEE, 2) le MESE permet de mieux comprendre la variabilité spatiale de la dynamique des stocks (p. ex. les champs spatiaux), 3) le MESE présente des propriétés statistiques favorables, comme indiqué dans l'introduction, et 4) le MESE fait l'objet d'un programme de recherche continue. Lorsque l'on utilise le MESE pour la ZPP 26A, la méthode de projection de l'année précédente fournit les projections de biomasse des pétoncles pleinement recrutés les moins biaisées sur un an. Cette méthode sera utilisée dans les réunions-cadres ultérieures et pour éclairer les avis sur les prises dans la ZPP 26A.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Auger-Méthé, M., Albertsen, C.M., Jonsen, I.D., Derocher, A.E., Lidgard, D.C., Studholme, K.R., Bowen, W.D., Crossin, G.T., and Mills Flemming, J. 2017. Spatiotemporal modelling of marine movement data using Template Model Builder (TMB). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 565: 237–249.
- Deriso, R.B. 1980. [Harvesting Strategies and Parameter Estimation for an Age-Structured Model](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37(2): 268–282.
- DFO. 2023c. Scallop (*Placopecten magellanicus*) in Scallop Production Areas 1 to 6 in the Bay of Fundy. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2023/011.
- DFO. 2023b. [Stock status update of Georges Bank 'a' scallops \(*Placopecten magellanicus*\) for the 2023 Fishing Season](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2023/028.
- DFO. 2023a. Stock status update of Browns Bank North scallops (*Placopecten magellanicus*) for the 2023 Fishing Season. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2023/029.
- DFO. 2024. Stock status update of Browns Bank North scallops (*Placopecten magellanicus*) in Scallop Fishing Area 26. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2024/022.
- Hubley, P.B., Reeves, A., Smith, S.J., and Nasmith, L. 2014. [Georges Bank 'a' and Browns Bank North scallop \(*Placopecten Magellanicus*\) stock assessment](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/079: vi + 58 p.
- Jonsen, I.D., Glass, A., Hubley, B., and Sameoto, J. 2009. [Georges Bank 'a' scallop \(*Placopecten Magellanicus*\) framework assessment: Data inputs and population models](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/034: iv + 76 p.
- Keith, D.M., Sameoto, J.A., Keyser, F.M., and Ward-Paige, C.A. 2020. [Evaluating socio-economic and conservation impacts of management: A case study of time-area closures on Georges Bank](#). *PLOS ONE* 15(10): e0240322.
- Keyser, F.M., Keith, D.M., Glass, A., Pearo Drew, T. et Sameoto, J.A. Sous presse. Framework Development for Scallop Fishing Areas 25a, 25b, 26a, 26b, 26c, and 27b: Data Inputs. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.
- Kristensen, K., Nielsen, A., Berg, C.W., Skaug, H., and Bell, B.M. 2016. [TMB: Automatic Differentiation and Laplace Approximation](#). *Journal of Statistical Software* 70(1): 1–21.

-
- McDonald, R.R., Keith, D.M., Sameoto, J.A., Hutchings, J.A., and Mills Flemming, J. 2021. [Explicit incorporation of spatial variability in a biomass dynamics assessment model](#). ICES Journal of Marine Science 78: 3265-3280.
- McDonald, R.R., Keith, D.M., Sameoto, J.A., Hutchings, J.A., and Mills Flemming, J. 2022. [Incorporating intra-annual variability in fisheries abundance data to better capture population dynamics](#). Fisheries Research 246: 106152.
- Mohn, R. 1999. [The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data](#). ICES Journal of Marine Science 56(4): 473–488.
- Schnute, J. 1985. [A General Theory for Analysis of Catch and Effort Data](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42(3): 414–429.
- Smith, S.J., and Hubley, B. 2014. Impact of survey design changes on stock assessment advice: Sea scallops. ICES J. Mar. Sci. 71: 320–327.
- Smith, S.J., and Lundy, M.J. 2002. Scallop Production Area 4 in the Bay of Fundy: Stock status and forecast. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/018.
- Smith, S.J., Lundy, M.J., Roddick, D., Pezzack, D.S., and Frail, C. 2003. Scallop Production Areas in the Bay of Fundy and Scallop Fishing Area 29 in 2002: Stock status and forecast. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/010.
- Thorson, J.T., Shelton, A.O., Ward, E.J., and Skaug, H.J. 2015. [Geostatistical delta-generalized linear mixed models improve precision for estimated abundance indices for West Coast groundfishes](#). ICES J. Mar. Sci. 72(5): 1297–1310.
- Thygesen, U.H., Albertsen, C.M., Berg, C.W., Kristensen, K., and Nielsen, A. 2017. [Validation of ecological state space models using the Laplace approximation](#). Environmental and Ecological Statistics 24(2): 317–339.
- Yin, Y., Aeberhard, W.H., Smith, S.J., and Mills Flemming, J. 2019. [Identifiable state-space models: A case study of the Bay of Fundy sea scallop fishery](#). Canadian Journal of Statistics 47(1): 27–45.

TABLEAUX

Tableau 1 : Prévisions des paramètres et leurs erreurs types provenant du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A, pour les paramètres qui ne varient pas annuellement. K est un paramètre de mise à l'échelle de la biomasse utilisé pour faciliter la convergence du modèle. S est appelé « capturabilité des claquettes » pour le modèle relatif aux claquettes. Le paramètre de précision pour l'équation du processus concernant les claquettes pleinement recrutées est $\frac{1}{\kappa_{\tau}^2}$, tandis que $\frac{1}{\kappa_{\rho}^2}$ est le paramètre de précision pour l'équation du processus concernant les claquettes recrutées. La capturabilité est q et l'écart-type de l'erreur de processus est σ .

Paramètre	Estimation	Erreur type
K	634	174
$\frac{1}{\kappa_{\rho}^2}$	7,6	3,9
$\frac{1}{\kappa_{\tau}^2}$	7,1	4,2
q	0,33	0,06
σ	0,25	0,09

Tableau 2 : Prévisions des paramètres et leurs erreurs types provenant du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A, pour les paramètres qui ne varient pas annuellement. K est un paramètre de mise à l'échelle de la biomasse utilisé pour faciliter la convergence du modèle. S est appelé « capturabilité des claquettes » pour le modèle relatif aux claquettes. Le paramètre de précision pour l'équation du processus concernant les claquettes pleinement recrutées est $\frac{1}{\kappa_{\tau}^2}$, tandis que $\frac{1}{\kappa_{\rho}^2}$ est le paramètre de précision pour l'équation du processus concernant les claquettes recrutées. La capturabilité est q et l'écart-type de l'erreur de processus est σ .

Paramètre	Estimation	Erreur type
K	434	120
$\frac{1}{\kappa_{\rho}^2}$	7,4	3,9
$\frac{1}{\kappa_{\tau}^2}$	7,2	3,9
q	0,32	0,06
σ	0,3	0,06

Tableau 3 : Prévisions des paramètres et leurs erreurs-types provenant du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A; toutes les prévisions des paramètres sont sur l'échelle logarithmique, sauf p_I et p_{IR} , qui sont sur l'échelle des logits. L'écart-type pour l'équation d'observation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés est σ_ϵ . L'écart-type pour l'équation d'observation de la biomasse des recrues est σ_v . La valeur initiale estimée pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle est représentée par B_0 , R_0 et m_0 , respectivement. La probabilité de rencontrer des pétoncles pleinement recrutés et celle de rencontrer des pétoncles recrutés sont représentées par p_I et p_{IR} , respectivement. L'étendue du champ aléatoire pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle sont ψ_B , ψ_R et ψ_m , tandis que les écarts-types spatiaux du champ aléatoire sont λ_B , λ_R et λ_m . Enfin, le paramètre de capturabilité des claquettes est S .

Paramètre	Estimation	Erreur type
σ_ϵ	0,003	0,015
σ_v	0,16	0,016
R_0	4,69	0,306
B_0	6,41	0,237
p_I	-1,43	0,695
p_{IR}	3,57	0,124
ψ_B	1,88	0,059
λ_B	-2,92	0,204
ψ_R	2,88	0,233
λ_R	-3,06	0,200
ψ_m	2,77	0,246
λ_m	-3,5	0,124

Tableau 4 : Prévisions des paramètres et leurs erreurs-types du modèle d'évaluation spatialement explicite dans la zone de pêche du pétoncle 26A; toutes les prévisions des paramètres sont sur l'échelle logarithmique, sauf p_I et p_{IR} , qui sont sur l'échelle des logits. L'écart-type pour l'équation d'observation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés est σ_ϵ . L'écart-type pour l'équation d'observation de la biomasse des recrues est σ_v . La valeur initiale estimée pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle est représentée par B_0 , R_0 et m_0 , respectivement. La probabilité de rencontrer des pétoncles pleinement recrutés et celle de rencontrer des pétoncles recrutés sont représentées par p_I et p_{IR} , respectivement. L'étendue du champ aléatoire pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle sont ψ_B , ψ_R et ψ_m , tandis que les écarts-types spatiaux du champ aléatoire sont λ_B , λ_R et λ_m . Enfin, le paramètre de capturabilité des claquettes est S .

Paramètre	Estimation	Erreur type
σ_ϵ	0,3	0,017
σ_v	0,54	0,024
R_0	6,75	0,861
B_0	9,55	0,268
p_I	-0,93	0,524
p_{IR}	2,64	0,093
ψ_B	0,45	0,047
λ_B	-1,55	0,231
ψ_R	1,18	0,240
λ_R	-2,81	0,134
ψ_m	1,87	0,172
λ_m	-1,81	0,102

Tableau 5 : Résultats rétrospectifs annuels du modèle bayésien état-espace non spatial de la zone de pêche du pétoncle 25A. Les valeurs positives indiquent que les prévisions du modèle rétrospectif sont supérieures à celles du modèle complet. La biomasse des pétoncles pleinement recrutés rétrospective ($BD_{fr,t,retro}$) et la biomasse des recrues rétrospective ($BD_{r,t,retro}$) sont exprimées en tonnes. La mortalité naturelle (instantanée) rétrospective est $MD_{t,retro}$. Les paramètres relatifs, $RBD_{fr,t,retro}$, $RBD_{r,t,retro}$ et $RMD_{t,retro}$ sont les différences proportionnelles entre le modèle rétrospectif et le modèle complet pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle, respectivement. L'année représente l'année terminale utilisée pour la comparaison avec le modèle complet.

Année	$BD_{fr,t,retro}$	$RBD_{fr,t,retro}$	$BD_{r,t,retro}$	$RBD_{r,t,retro}$	$MD_{t,retro}$	$RMD_{t,retro}$
2005	264	0,04	55	0,05	-0,01	-0,05
2006	292	0,05	11	0,02	0,02	0,13
2007	102	0,02	10	0,02	0,00	0,00
2008	110	0,02	10	0,02	-0,01	-0,05
2009	286	0,05	8	0,03	0,01	0,08
2010	351	0,08	51	0,08	-0,03	-0,10
2011	231	0,06	8	0,02	0,05	0,18
2012	113	0,03	10	0,03	0,00	-0,03
2013	209	0,05	6	0,02	0,01	0,05
2014	34	0,01	3	0,01	0,00	-0,01
2016	-57	-0,02	2	0,00	-0,01	-0,01
2017	-41	-0,01	27	0,03	-0,03	-0,11
2018	303	0,07	56	0,06	0,00	0,00
2019	514	0,16	89	0,09	0,13	0,23
2021	781	0,43	112	0,16	0,02	0,07

Tableau 6 : Résultats rétrospectifs annuels du modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 25A. Les valeurs positives indiquent que les prévisions du modèle rétrospectif sont supérieures à celles du modèle complet. La biomasse des pétoncles pleinement recrutés rétrospective ($BD_{fr,t,retro}$) et la biomasse des recrues rétrospective ($BD_{r,t,retro}$) sont exprimées en tonnes. La mortalité naturelle (instantanée) rétrospective est $MD_{t,retro}$. Les paramètres relatifs, $RBD_{fr,t,retro}$, $RBD_{r,t,retro}$ et $RMD_{t,retro}$ sont les différences proportionnelles entre le modèle rétrospectif et le modèle complet pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle, respectivement. L'année représente l'année terminale utilisée pour la comparaison avec le modèle complet.

Année	$BD_{fr,t,retro}$	$RBD_{fr,t,retro}$	$BD_{r,t,retro}$	$RBD_{r,t,retro}$	$MD_{t,retro}$	$RMD_{t,retro}$
2005	-1 127	-0,11	395	0,30	-0,01	-0,07
2006	-1 050	-0,12	535	0,65	0,01	0,06
2007	-981	-0,12	286	0,48	0,06	0,12
2008	-1 053	-0,13	113	0,25	0,02	0,07
2009	-1 647	-0,23	26	0,06	0,00	-0,02
2010	-1 060	-0,20	154	0,28	0,04	0,09
2011	-479	-0,11	136	0,27	-0,05	-0,11
2012	-415	-0,11	104	0,24	0,06	0,21
2013	57	0,01	122	0,34	0,01	0,05
2014	-522	-0,13	-1	0,00	0,01	0,03
2016	-406	-0,12	-40	-0,07	-0,06	-0,13
2017	-744	-0,19	106	0,13	0,02	0,06
2018	-260	-0,07	101	0,13	0,07	0,38
2019	-18	-0,01	66	0,08	0,00	0,01
2021	-109	-0,08	9	0,02	-0,01	-0,03

Tableau 7 : Résultats rétrospectifs annuels du modèle bayésien état-espace non spatial de la zone de pêche du pétoncle 26A. Les valeurs positives indiquent que les prévisions du modèle rétrospectif sont supérieures à celles du modèle complet. La biomasse des pétoncles pleinement recrutés rétrospective ($BD_{fr,t,retro}$) et la biomasse des recrues rétrospective ($BD_{r,t,retro}$) sont exprimées en tonnes. La mortalité naturelle (instantanée) rétrospective est $MD_{t,retro}$. Les paramètres relatifs, $RBD_{fr,t,retro}$, $RBD_{r,t,retro}$ et $RMD_{t,retro}$ sont les différences proportionnelles entre le modèle rétrospectif et le modèle complet pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle, respectivement. L'année représente l'année terminale utilisée pour la comparaison avec le modèle complet.

Année	$BD_{fr,t,retro}$	$RBD_{fr,t,retro}$	$BD_{r,t,retro}$	$RBD_{r,t,retro}$	$MD_{t,retro}$	$RMD_{t,retro}$
2005	1 314	0,11	3	0,04	0,00	0,00
2006	745	0,10	14	0,05	0,00	-0,02
2007	268	0,05	-2	-0,04	0,00	-0,03
2008	-252	-0,07	-2	-0,02	0,00	0,00
2009	500	0,09	-97	-0,02	0,00	0,02
2010	626	0,08	492	0,14	0,00	0,01
2011	206	0,03	78	0,05	-0,01	-0,03
2012	608	0,09	37	0,06	-0,02	-0,05
2013	20	0,00	3	0,01	0,00	-0,02
2014	163	0,03	33	0,04	0,00	-0,01
2015	-15	0,00	-12	-0,01	0,00	0,00
2016	294	0,06	59	0,07	0,00	0,00
2017	-39	-0,01	1	0,01	0,00	-0,01
2018	68	0,02	4	0,02	0,00	0,00
2019	107	0,03	4	0,02	0,00	-0,01
2021	79	0,02	4	0,02	0,00	-0,01

Tableau 8 : Résultats rétrospectifs annuels du modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 26A. Les valeurs positives indiquent que les prévisions du modèle rétrospectif sont supérieures à celles du modèle complet. La biomasse des pétoncles pleinement recrutés rétrospective ($BD_{fr,t,retro}$) et la biomasse des recrues rétrospective ($BD_{r,t,retro}$) sont exprimées en tonnes. La mortalité naturelle (instantanée) rétrospective est $MD_{t,retro}$. Les paramètres relatifs, $RBD_{fr,t,retro}$, $RBD_{r,t,retro}$ et $RMD_{t,retro}$ sont les différences proportionnelles entre le modèle rétrospectif et le modèle complet pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la biomasse des recrues et la mortalité naturelle, respectivement. L'année représente l'année terminale utilisée pour la comparaison avec le modèle complet.

Année	$BD_{fr,t,retro}$	$RBD_{fr,t,retro}$	$BD_{r,t,retro}$	$RBD_{r,t,retro}$	$MD_{t,retro}$	$RMD_{t,retro}$
2005	-586	-0,06	28	0,43	0,01	0,13
2006	628	0,08	28	0,38	0,00	-0,02
2007	474	0,07	7	0,06	0,02	0,15
2008	-324	-0,06	-73	-0,30	0,00	0,03
2009	-649	-0,11	429	0,18	-0,01	-0,07
2010	495	0,08	1 482	0,98	0,04	0,06
2011	1 015	0,15	1 499	1,07	-0,02	-0,04
2012	629	0,10	549	0,78	0,03	0,05
2013	487	0,06	142	0,44	0,00	0,01
2014	727	0,10	348	0,55	-0,01	-0,08
2015	501	0,08	239	0,35	-0,05	-0,21
2016	172	0,04	271	0,51	-0,05	-0,09
2017	71	0,02	28	0,16	-0,04	-0,10
2018	253	0,07	79	0,33	-0,02	-0,13
2019	221	0,05	51	0,16	0,00	0,00
2021	78	0,02	56	0,18	-0,01	-0,07

Tableau 9 : Table de décision utilisant les résultats du modèle bayésien état-espace non spatial de 2022 pour la zone de pêche du pétoncle 25A afin d'estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2023 à l'aide de la méthode sans croissance.

Prises (tonnes)	Exploitation (%)	Biomasse (tonnes)	Variation de la biomasse (%)	Variation de la biomasse (tonnes)	Probabilité de déclin
0	0,0	2 733	33,4	684	0,21
10	0,4	2 717	32,6	668	0,21
20	0,7	2 707	32,1	658	0,21
30	1,1	2 711	32,3	662	0,22
40	1,5	2 700	31,8	651	0,22
50	1,8	2 696	31,6	647	0,23
60	2,2	2 682	30,9	633	0,23
70	2,5	2 682	30,9	633	0,23
80	2,9	2 667	30,2	618	0,23
90	3,3	2 662	29,9	613	0,24
100	3,6	2 656	29,6	606	0,24
110	4,0	2 646	29,1	597	0,25
120	4,4	2 632	28,5	583	0,25
130	4,7	2 625	28,1	576	0,25
140	5,1	2 596	26,7	547	0,26
150	5,4	2 606	27,2	557	0,26
160	5,8	2 599	26,8	550	0,26
170	6,2	2 588	26,3	538	0,27
180	6,5	2 579	25,9	530	0,27
190	6,9	2 566	25,2	517	0,27
200	7,2	2 564	25,1	515	0,28

Tableau 10 : Table de décision utilisant les résultats du modèle d'évaluation spatialement explicite de 2022 pour la zone de pêche du pétoncle 25A afin d'estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2023 à l'aide de la méthode sans croissance.

Prises (tonnes)	Exploitation (%)	Biomasse (tonnes)	Variation de la biomasse (%)	Variation de la biomasse (tonnes)	Probabilité de déclin
0	0,0	1 720	13,6	205,0	0,14
10	0,6	1 710	13,1	198,0	0,15
20	1,2	1 700	12,6	190,0	0,16
30	1,7	1 690	12,1	182,0	0,17
40	2,3	1 690	11,6	175,0	0,18
50	2,9	1 680	11,2	168,0	0,19
60	3,5	1 670	10,7	161,0	0,20
70	4	1 660	10,2	153,0	0,21
80	4,6	1 660	9,6	145,0	0,22
90	5,2	1 650	9,2	138,0	0,23
100	5,7	1 640	8,7	131,0	0,25
110	6,3	1 630	8,2	123,0	0,26
120	6,9	1 630	7,7	116,0	0,27
130	7,4	1 620	7,2	109,0	0,28
140	8	1 610	6,7	101,0	0,30
150	8,6	1 600	6,2	93,7	0,31
160	9,1	1 600	5,7	86,3	0,33
170	9,7	1 590	5,2	79,0	0,34
180	10	1 580	4,8	71,7	0,35
190	11	1 570	4,3	64,5	0,37
200	11	1 570	3,8	57,2	0,38

Tableau 11 : Table de décision utilisant les résultats du modèle bayésien état-espace non spatial de 2022 pour la zone de pêche du pétoncle 26A afin d'estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2023 à l'aide de la méthode sans croissance.

Prises (tonnes)	Exploitation (%)	Biomasse (tonnes)	Variation de la biomasse (%)	Variation de la biomasse (tonnes)	Probabilité de déclin
0	0,0	4 060	7,5	285	0,41
25	0,6	4 042	7,1	266	0,42
50	1,2	3 996	5,9	221	0,43
75	1,9	3 978	5,4	203	0,44
100	2,5	3 966	5,1	191	0,44
125	3,1	3 959	4,9	184	0,45
150	3,7	3 919	3,8	143	0,46
175	4,3	3 899	3,3	123	0,47
200	4,9	3 865	2,4	89	0,48
225	5,5	3 851	2,0	75	0,49
250	6,1	3 824	1,3	49	0,49
275	6,8	3 782	0,2	7	0,51
300	7,3	3 786	0,3	11	0,51
325	8,0	3 747	-0,7	-28	0,52
350	8,6	3 735	-1,1	-41	0,52
375	9,2	3 699	-2,0	-76	0,53
400	9,8	3 677	-2,6	-98	0,54
425	10,4	3 650	-3,3	-125	0,56
450	11,0	3 626	-4,0	-149	0,56
475	11,7	3 597	-4,7	-178	0,57
500	12,2	3 586	-5,0	-190	0,58
525	12,9	3 555	-5,8	-221	0,59
550	13,5	3 538	-6,3	-238	0,60
575	14,1	3 492	-7,5	-283	0,62
600	14,7	3 472	-8,0	-303	0,62

Tableau 12 : Table de décision utilisant les résultats du modèle d'évaluation spatialement explicite de 2022 pour la zone de pêche du pétoncle 26A afin d'estimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés en 2023 à l'aide de la méthode sans croissance.

Prises (tonnes)	Exploitation (%)	Biomasse (tonnes)	Variation de la biomasse (%)	Variation de la biomasse (tonnes)	Probabilité de déclin
0	0,0	5 380	2,5	134	0,43
25	0,5	5 360	2,1	110	0,44
50	0,9	5 340	1,6	85	0,46
75	1,4	5 310	1,1	60	0,47
100	1,9	5 290	0,7	36	0,48
125	2,3	5 260	0,2	13	0,49
150	2,8	5 240	-0,2	-13	0,51
175	3,2	5 210	-0,7	-36	0,52
200	3,7	5 190	-1,2	-61	0,53
225	4,2	5 170	-1,6	-85	0,54
250	4,6	5 140	-2,1	-110	0,55
275	5,1	5 120	-2,6	-134	0,57
300	5,6	5 090	-3,0	-158	0,58
325	6	5 070	-3,5	-182	0,59
350	6,5	5 040	-3,9	-207	0,60
375	7	5 020	-4,4	-230	0,61
400	7,4	5 000	-4,9	-255	0,62
425	7,9	4 970	-5,3	-281	0,64
450	8,3	4 950	-5,8	-305	0,65
475	8,8	4 920	-6,2	-327	0,66
500	9,3	4 900	-6,7	-353	0,67
525	9,7	4 870	-7,2	-378	0,68
550	10	4 850	-7,7	-402	0,69
575	11	4 820	-8,2	-428	0,70
600	11	4 800	-8,6	-449	0,71

FIGURES

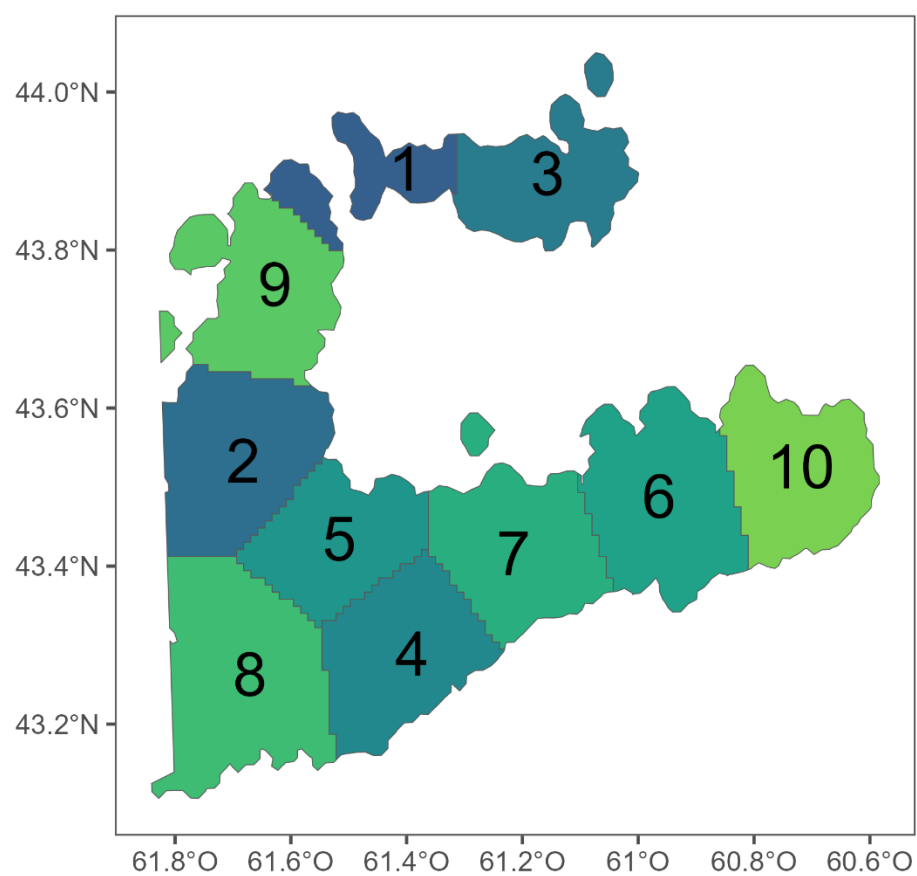


Figure 1 : Emplacements des nœuds de la zone de pêche du pétoncle 25A utilisés pour le modèle d'évaluation spatialement explicite (10 nœuds); les couleurs sont utilisées pour aider à délimiter visuellement les nœuds.

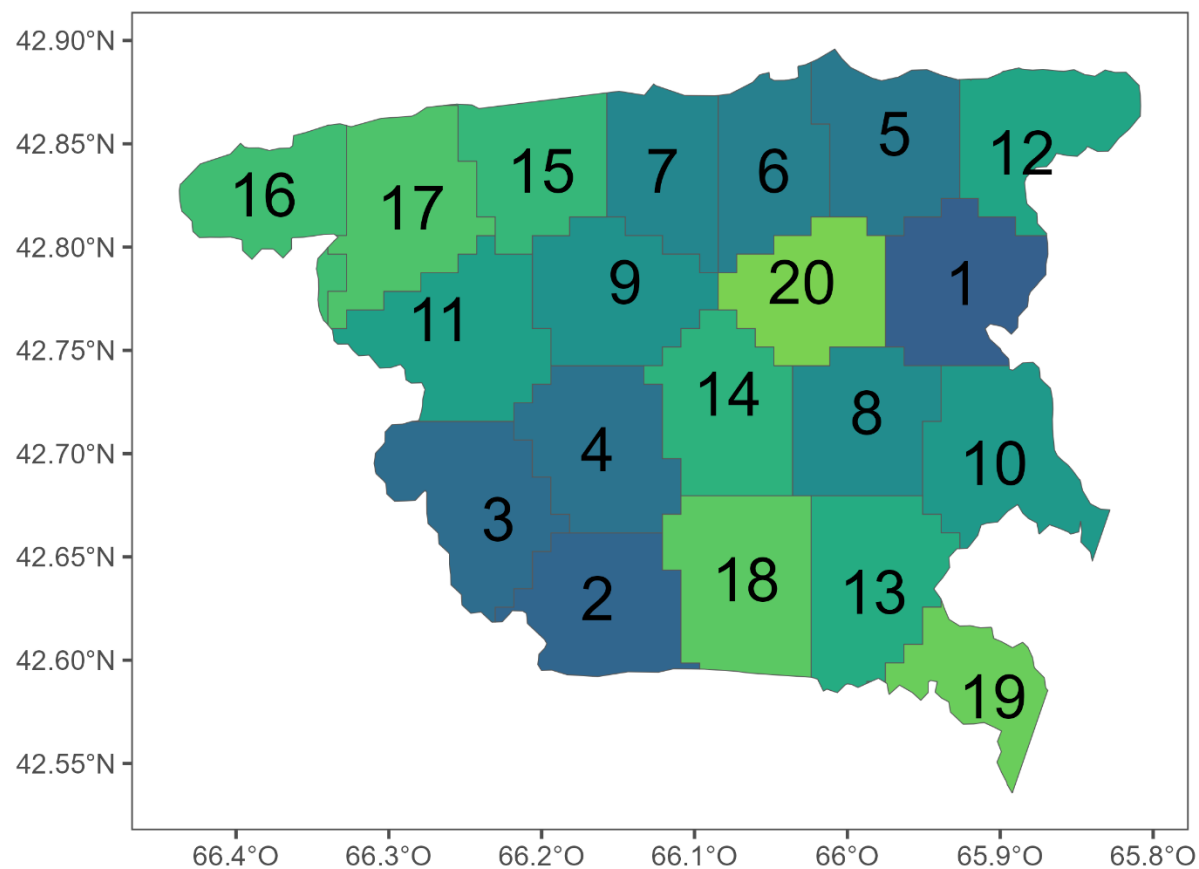


Figure 2 : Emplacements des nœuds de la zone de pêche du pétoncle 26A utilisés pour le modèle d'évaluation spatialement explicite (20 nœuds); les couleurs sont utilisées pour aider à délimiter visuellement les nœuds.

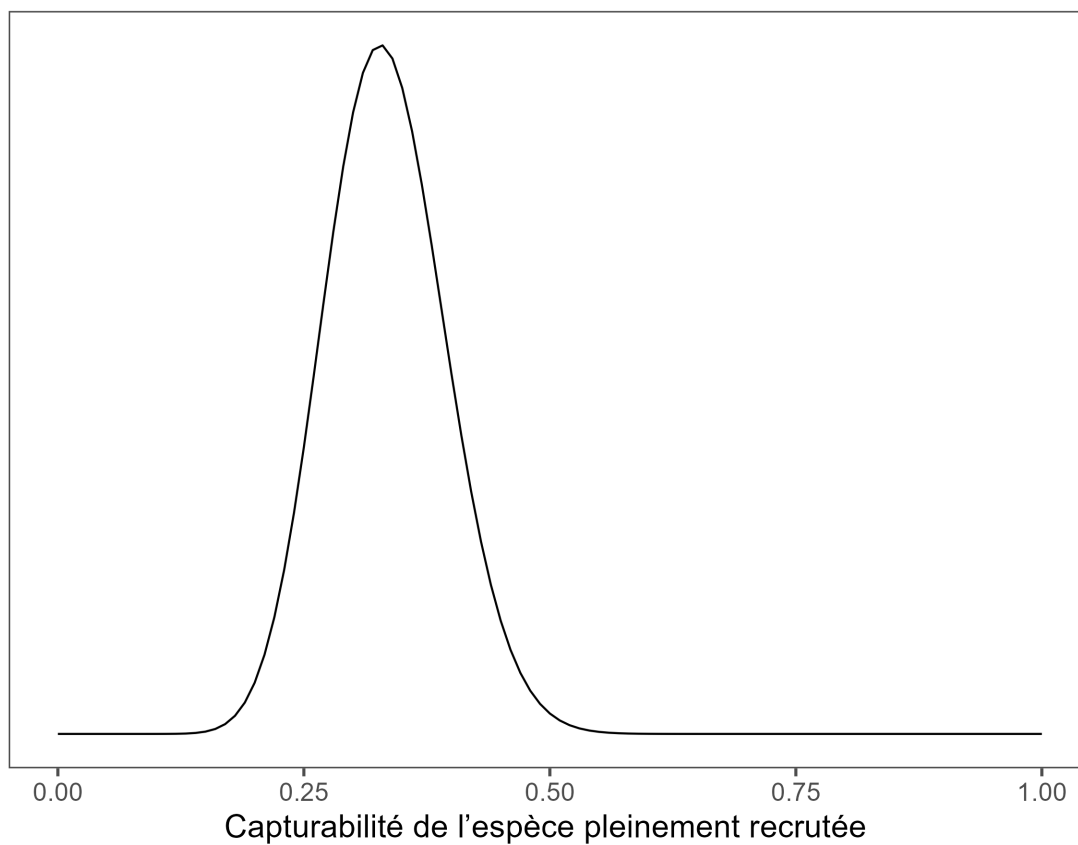


Figure 3 : Distribution de la capturabilité utilisée pour la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans le modèle d'évaluation spatialement explicite et comme distribution a priori de la capturabilité pour le modèle bayésien état-espace non spatial.

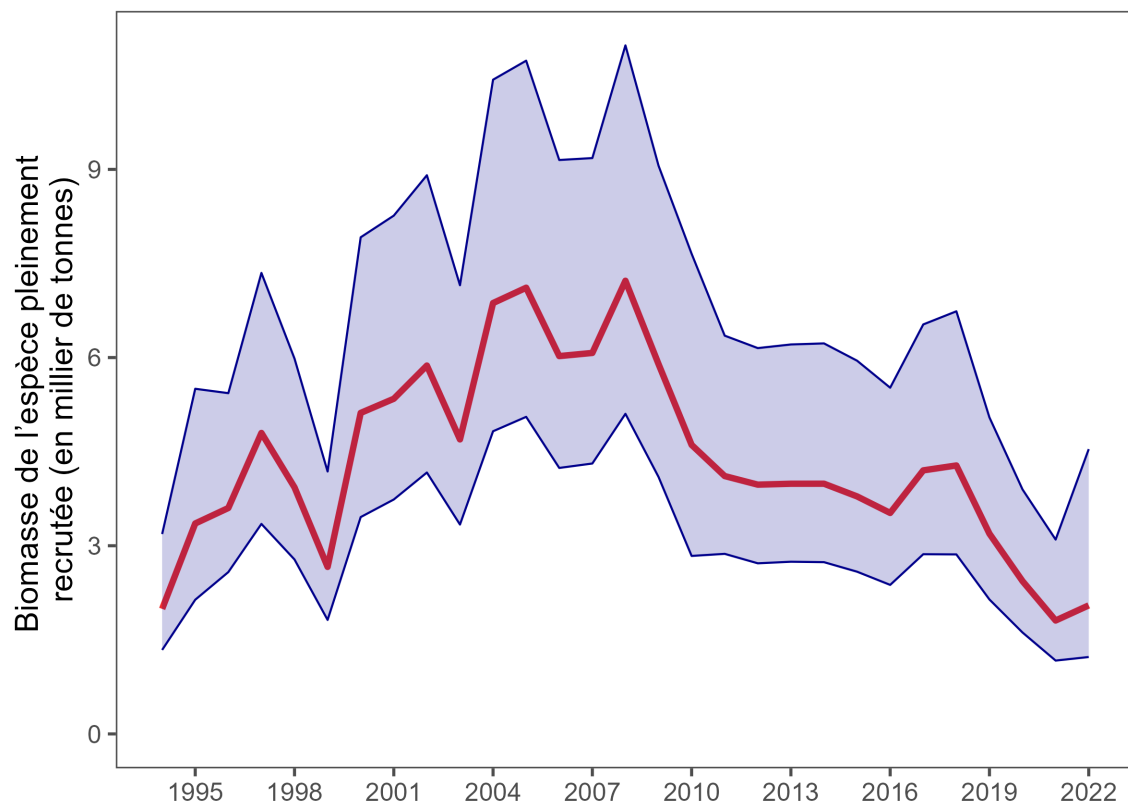


Figure 4 : Biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

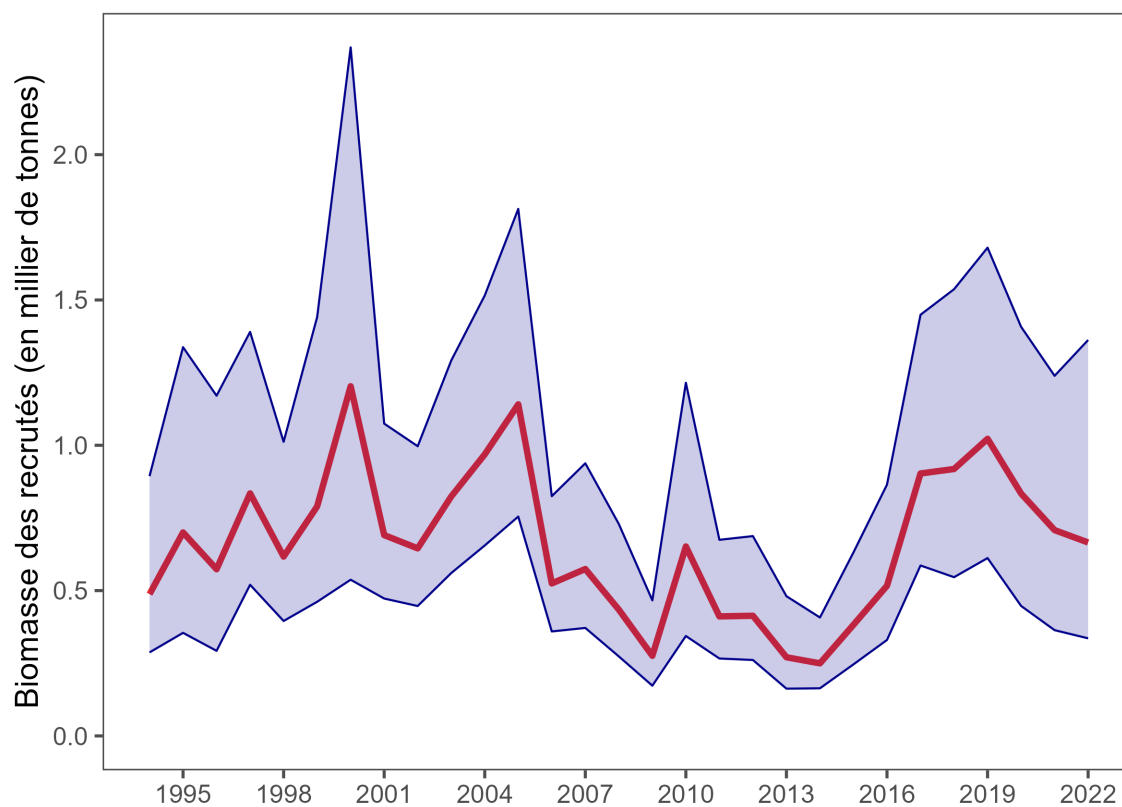


Figure 5 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

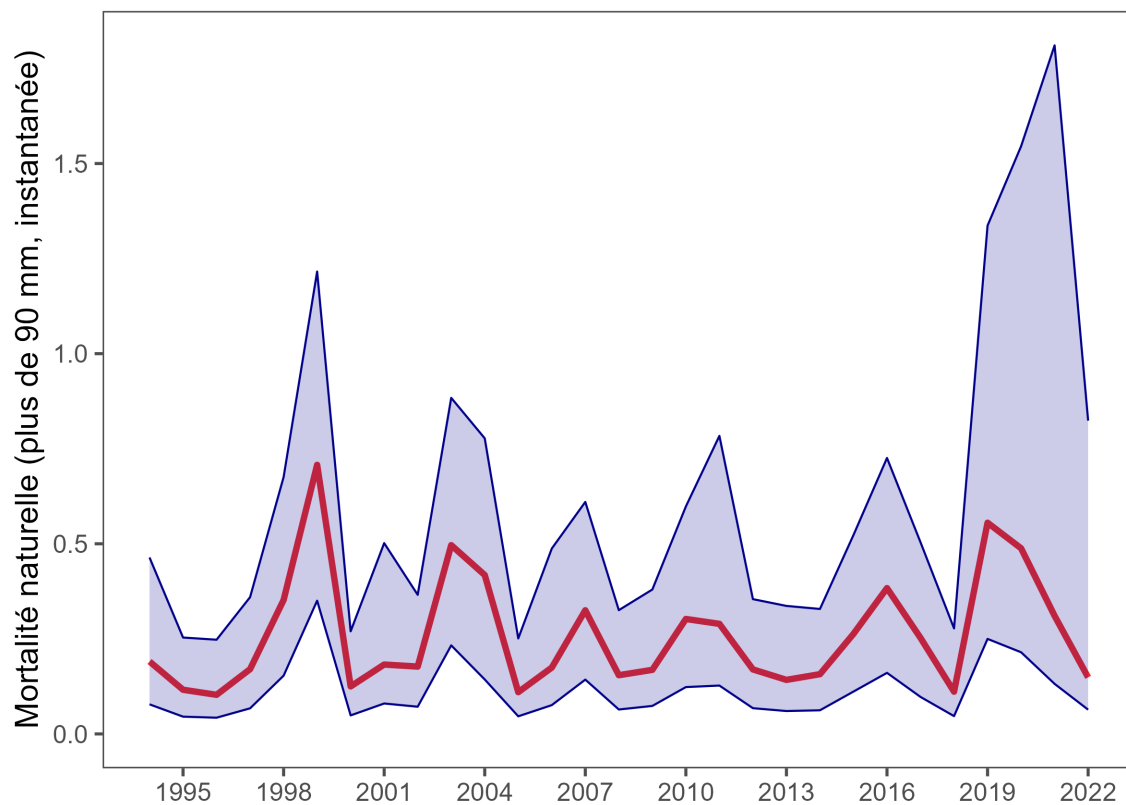


Figure 6 : Mortalité naturelle (instantanée) des pétoncles pleinement recrutés de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

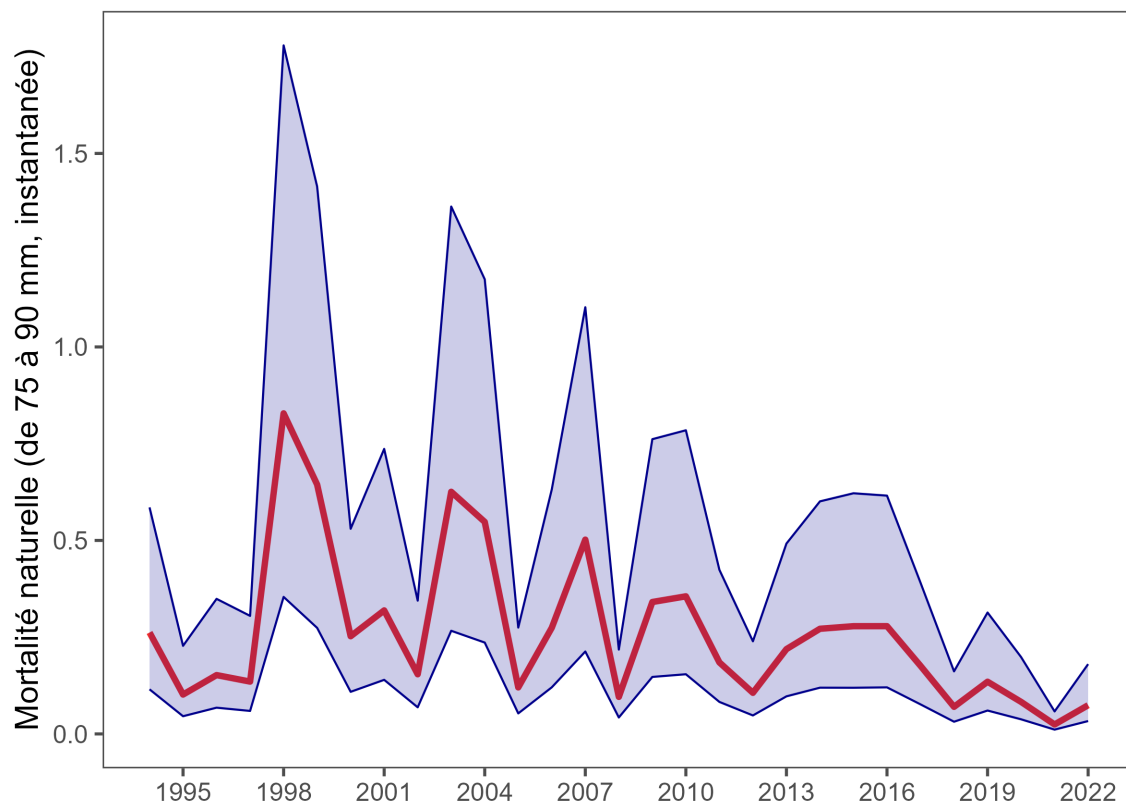


Figure 7 : Mortalité naturelle (instantanée) des recrues de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la ZPP 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

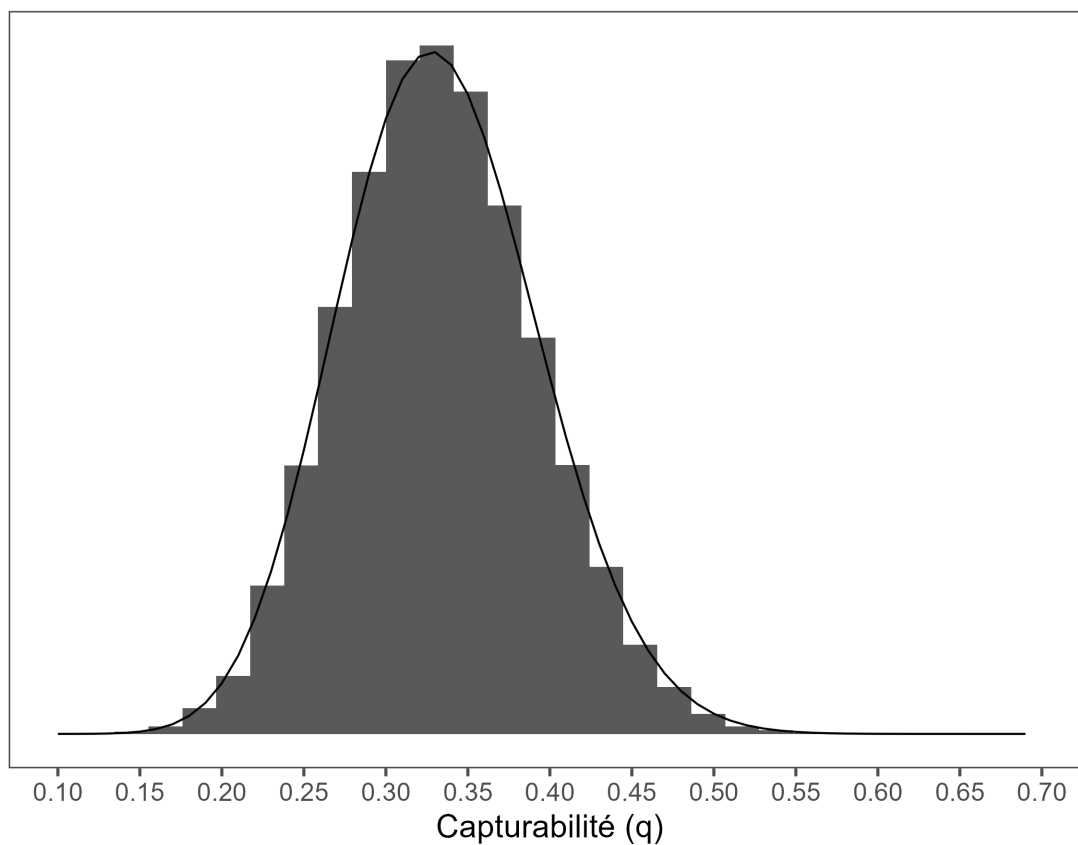


Figure 8 : Distributions a posteriori (histogramme) et a priori (ligne) de la capturabilité dans la zone de pêche du pétoncle 25A selon le modèle bayésien état-espace non spatial.

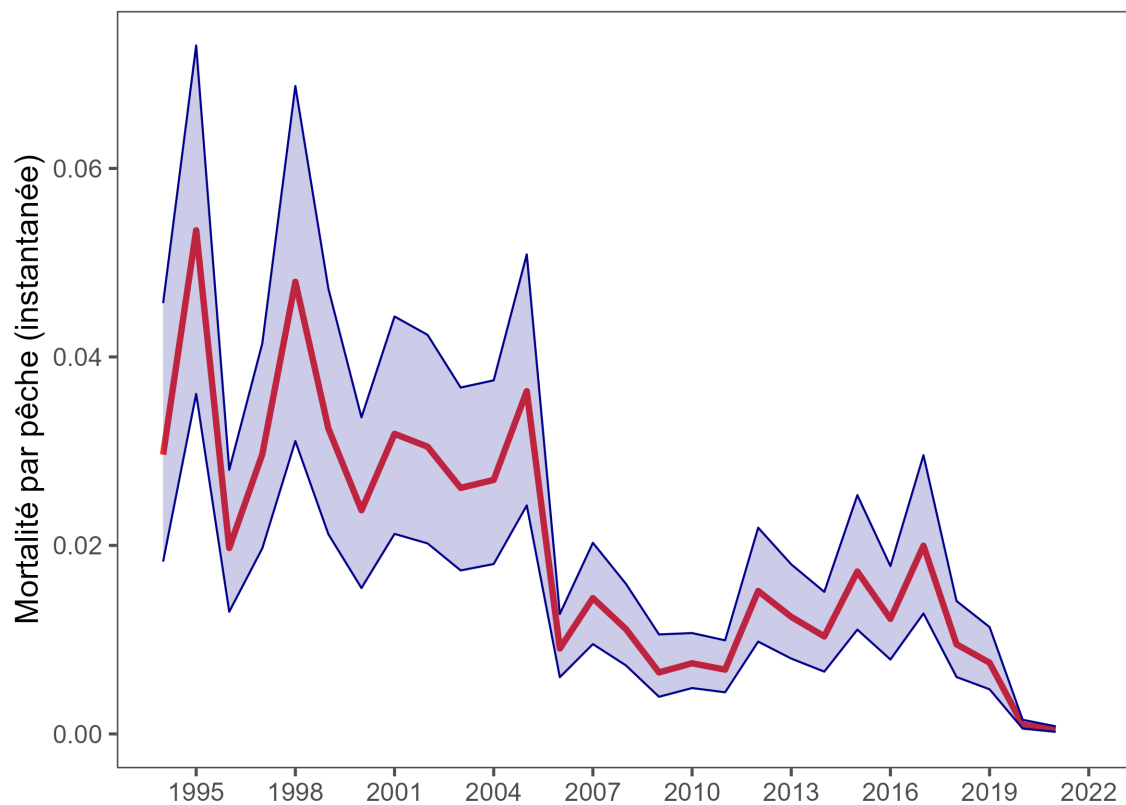


Figure 9 : Mortalité par pêche (instantanée) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

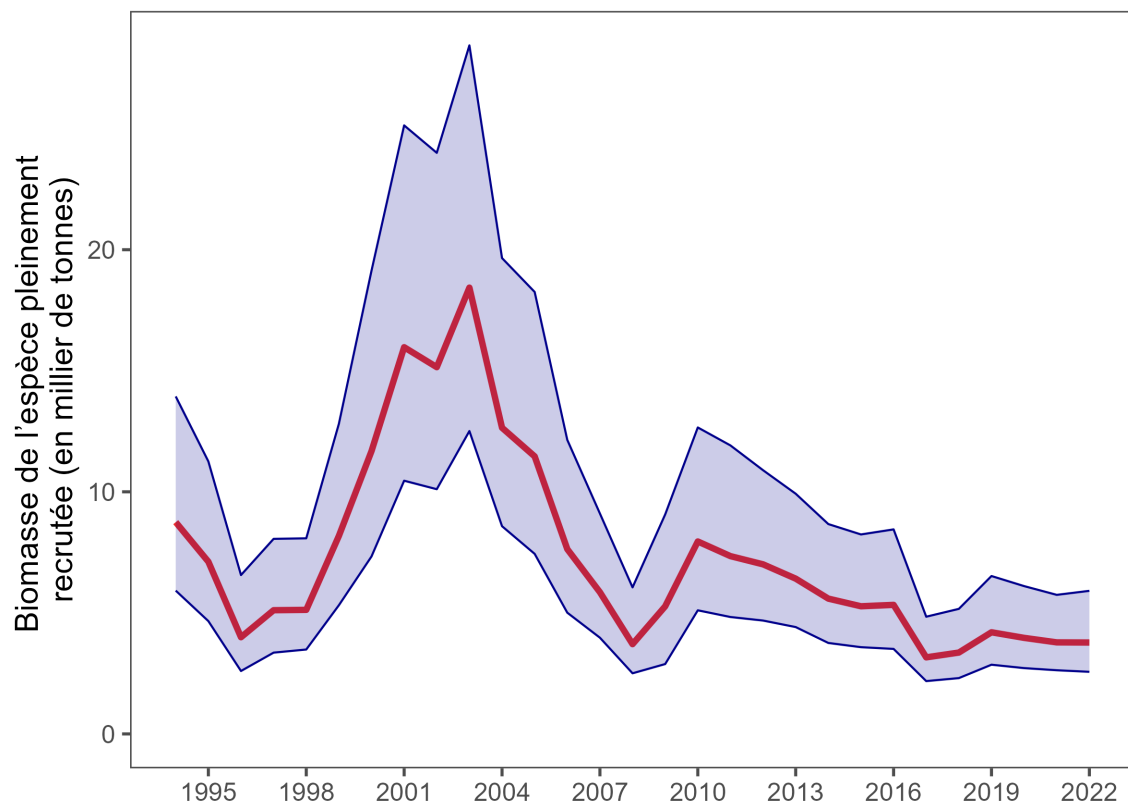


Figure 10 : Biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

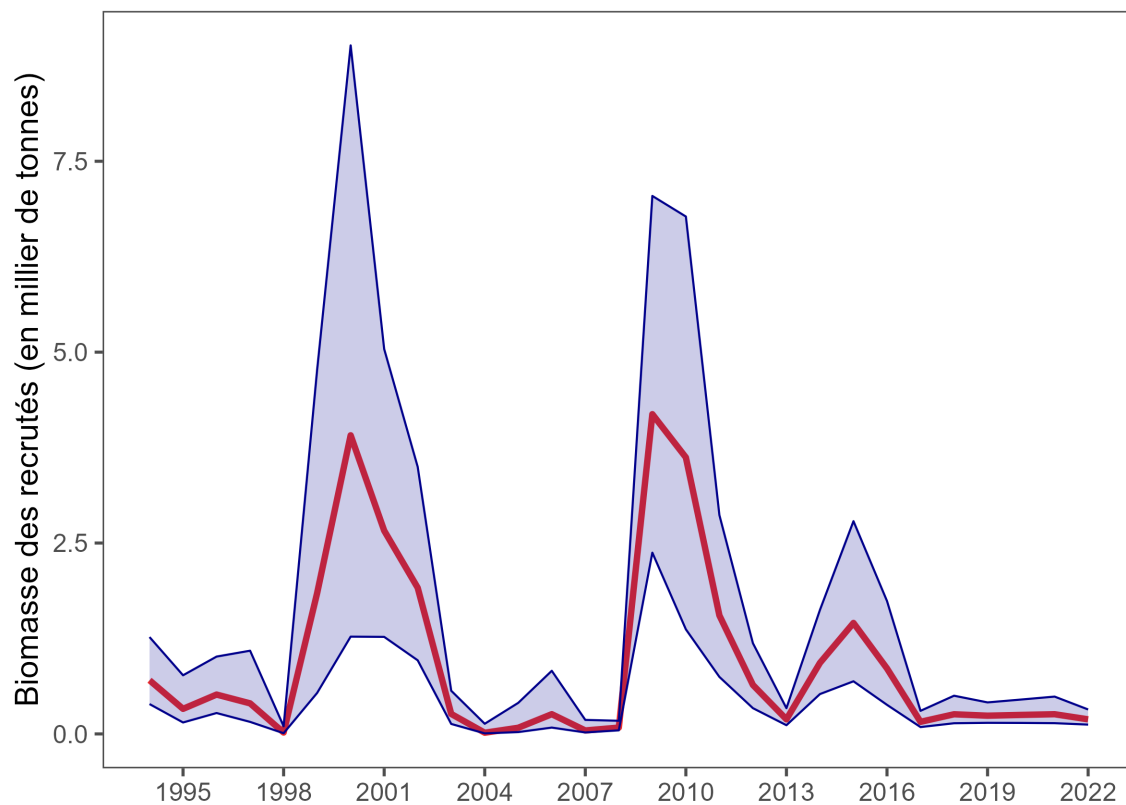


Figure 11 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

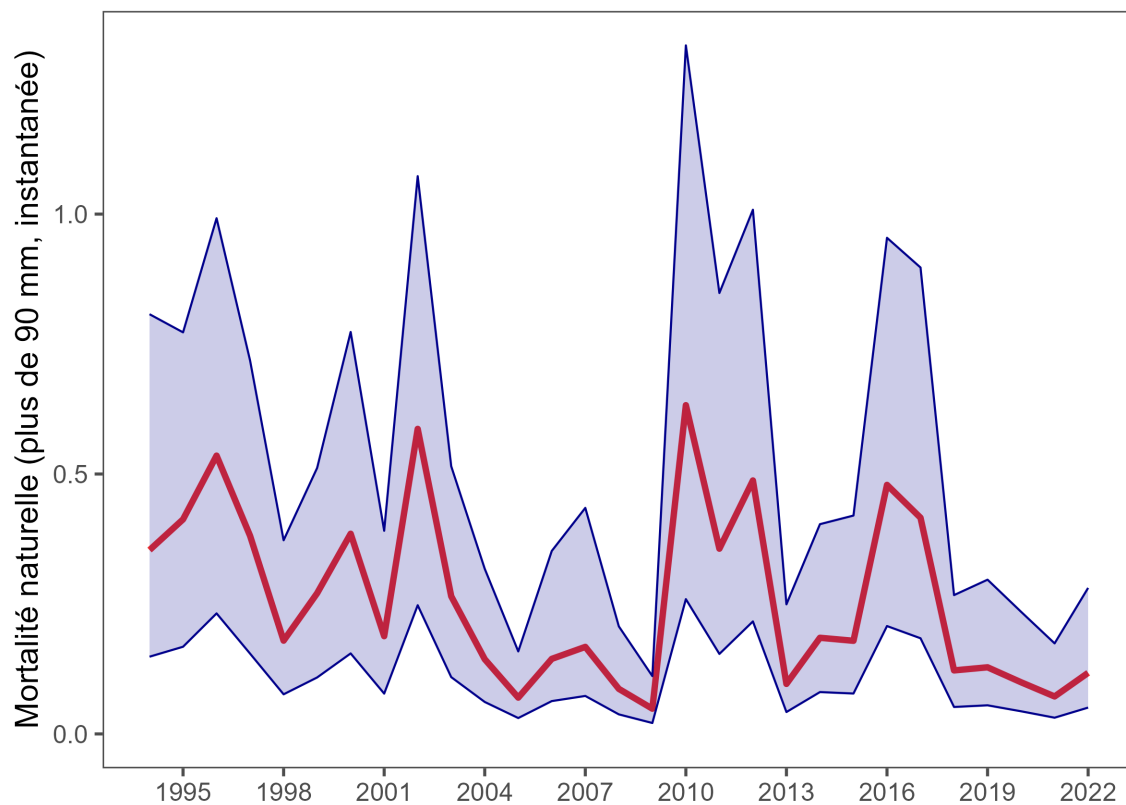


Figure 12 : Mortalité naturelle (instantanée) des pétoncles pleinement recrutés de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

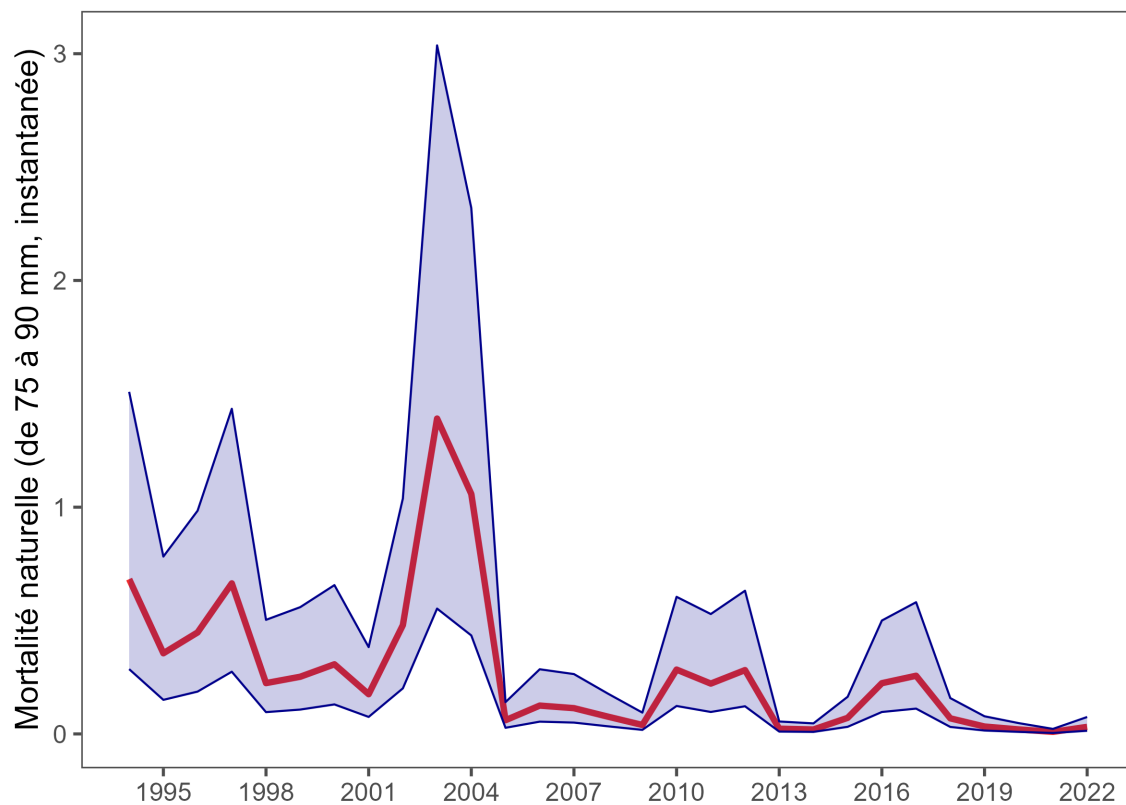


Figure 13 : Mortalité naturelle (instantanée) des recrues de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

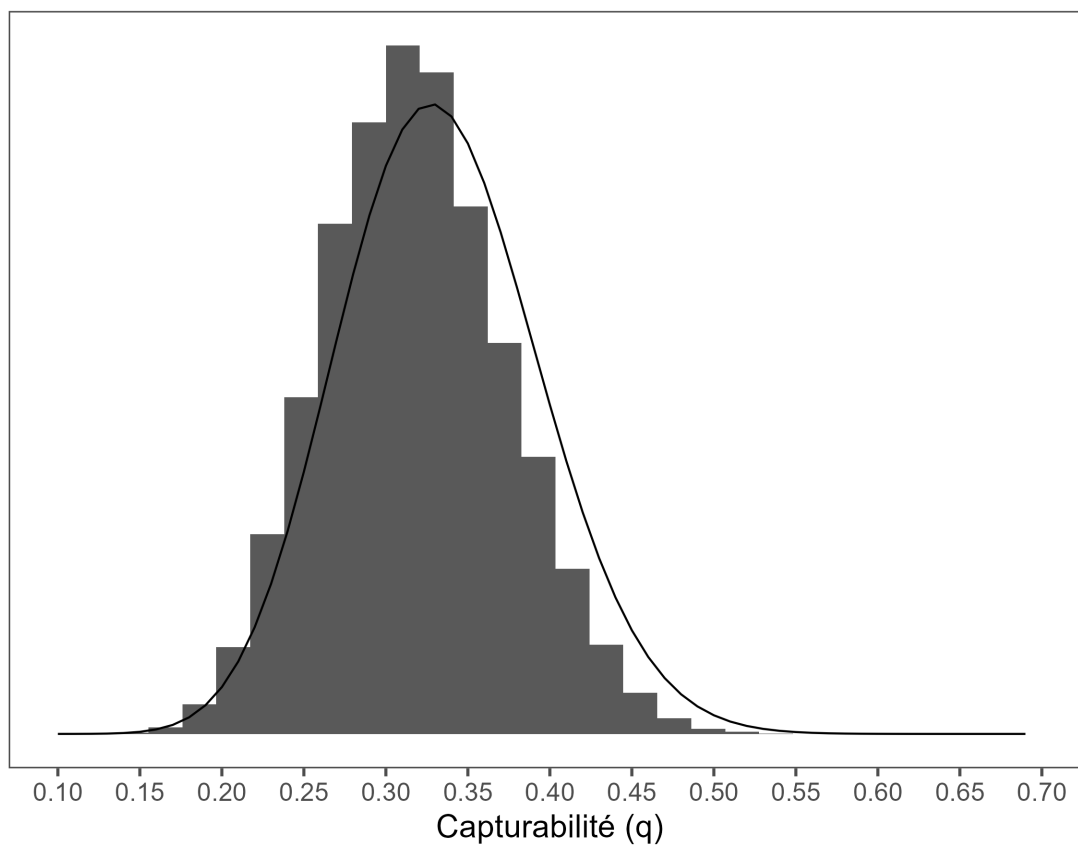


Figure 14 : Distributions a posteriori (histogramme) et a priori (ligne) de la capturabilité dans la zone de pêche du pétoncle 26A selon le modèle bayésien état-espace non spatial.



Figure 15 : Mortalité par pêche (instantanée) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de crédibilité à 95 % et la ligne rouge représente la médiane.

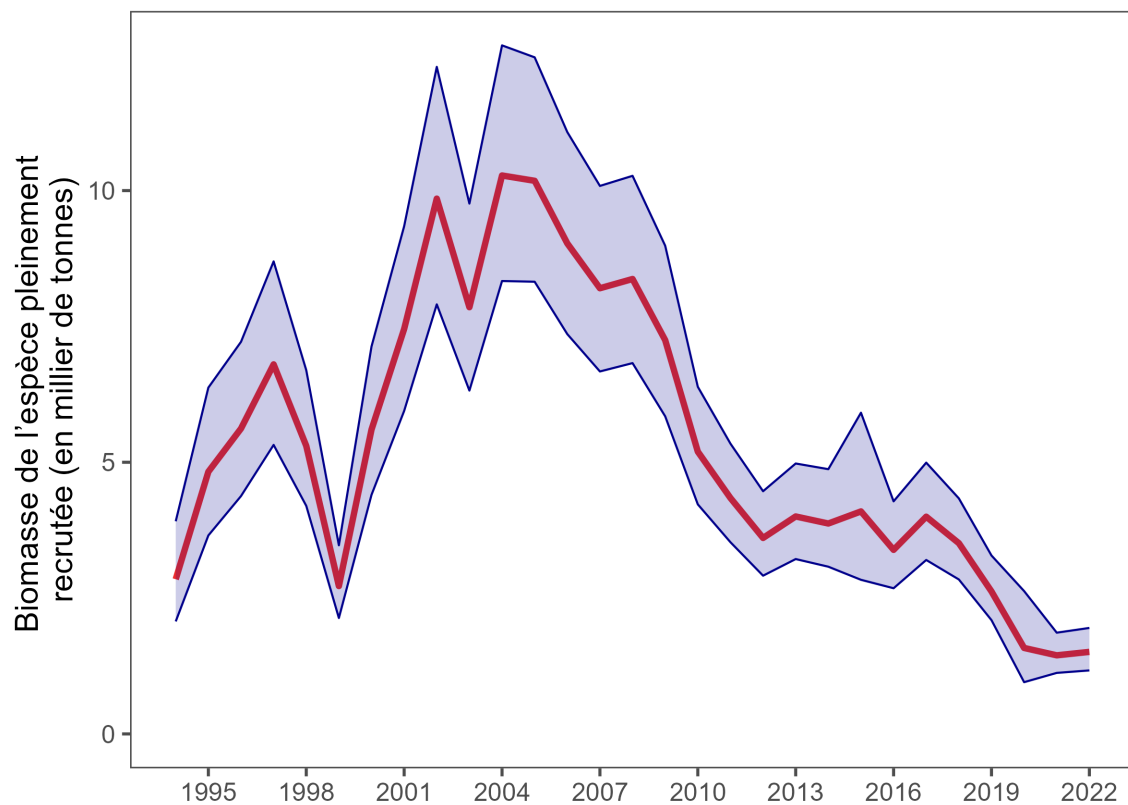


Figure 16 : Biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à partir du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la biomasse prédite.

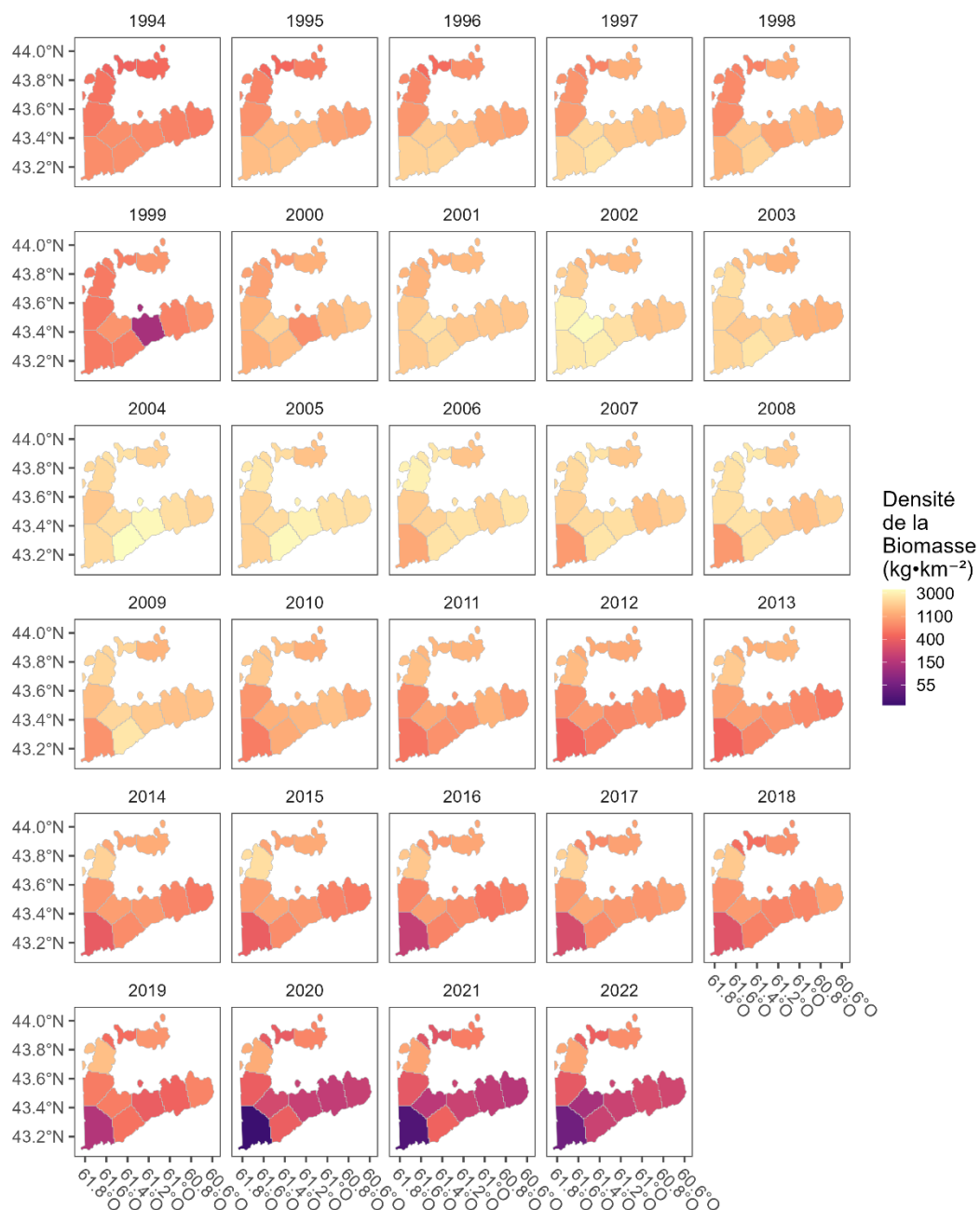


Figure 17 : Densité de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés ($\frac{\text{kg}}{\text{km}^2}$) de 1994 à 2022 prédite par le modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A, dans chaque nœud.

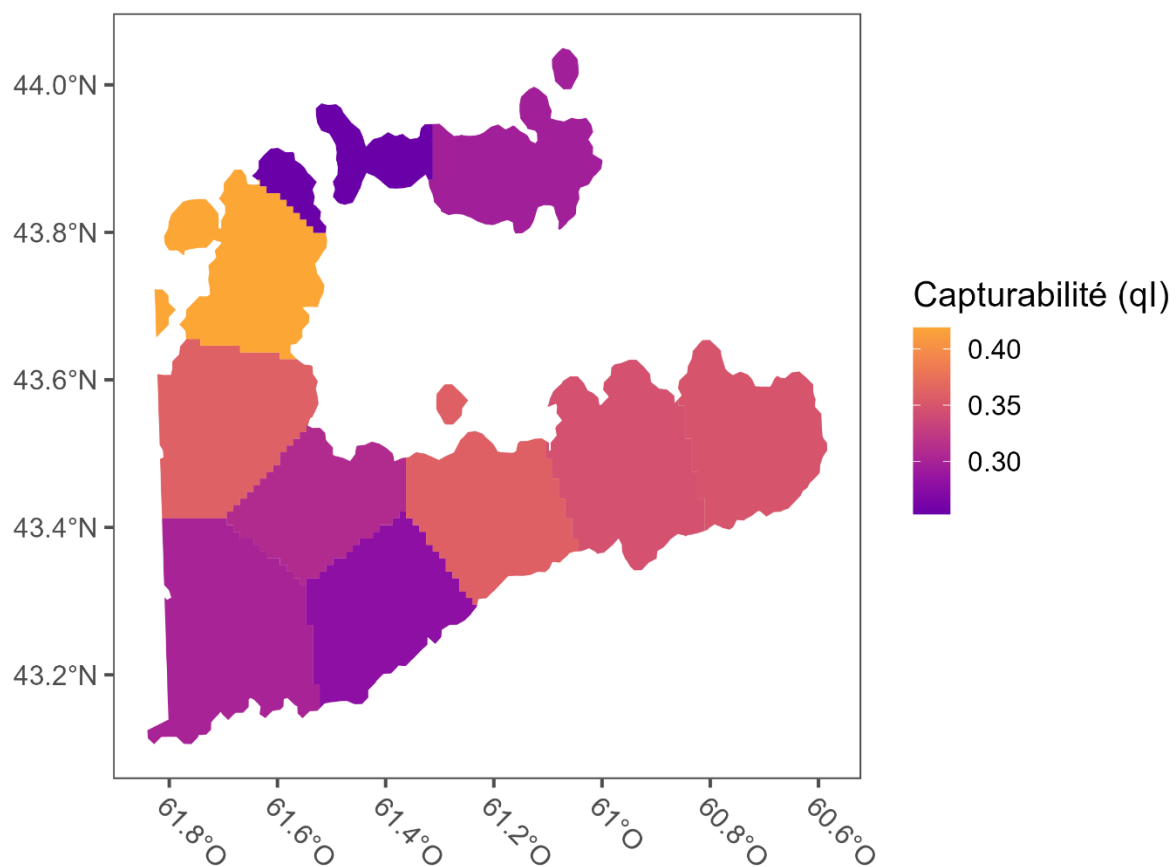


Figure 18 : Prévisions de la capturabilité des pétoncles pleinement recrutés selon le modèle d'évaluation spatialement explicite dans la ZPP 25A.

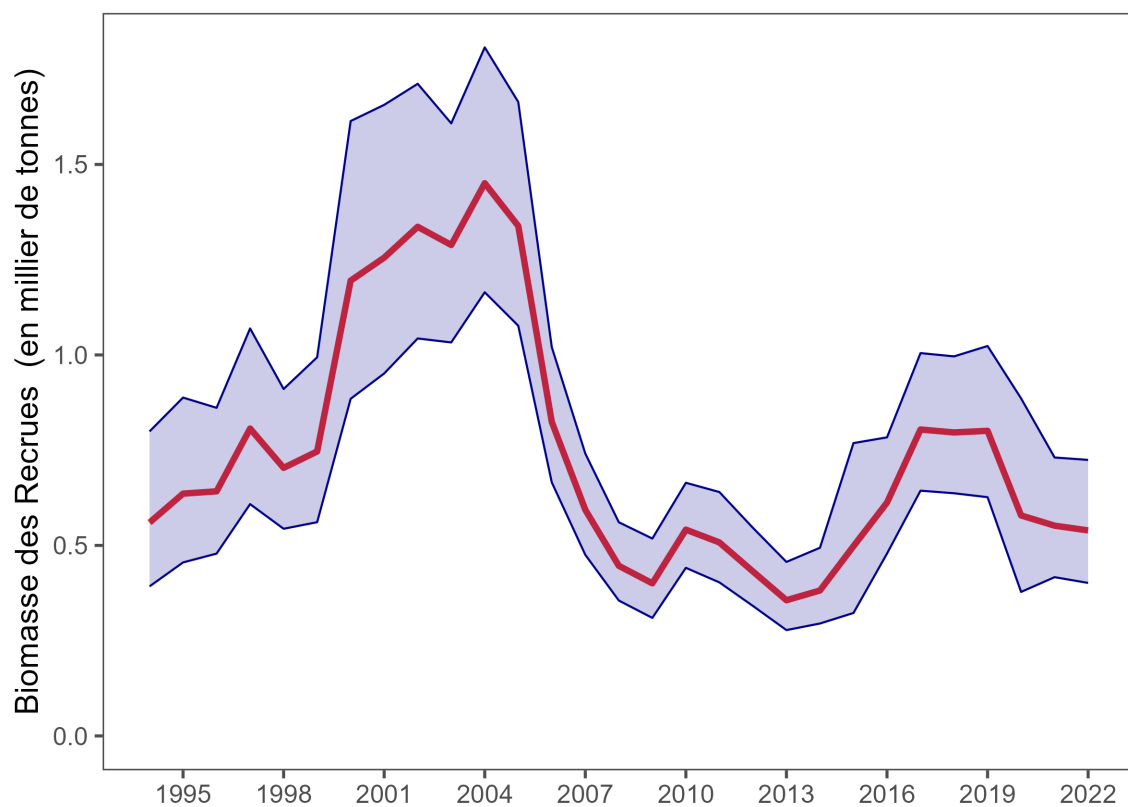


Figure 19 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la biomasse prédite.

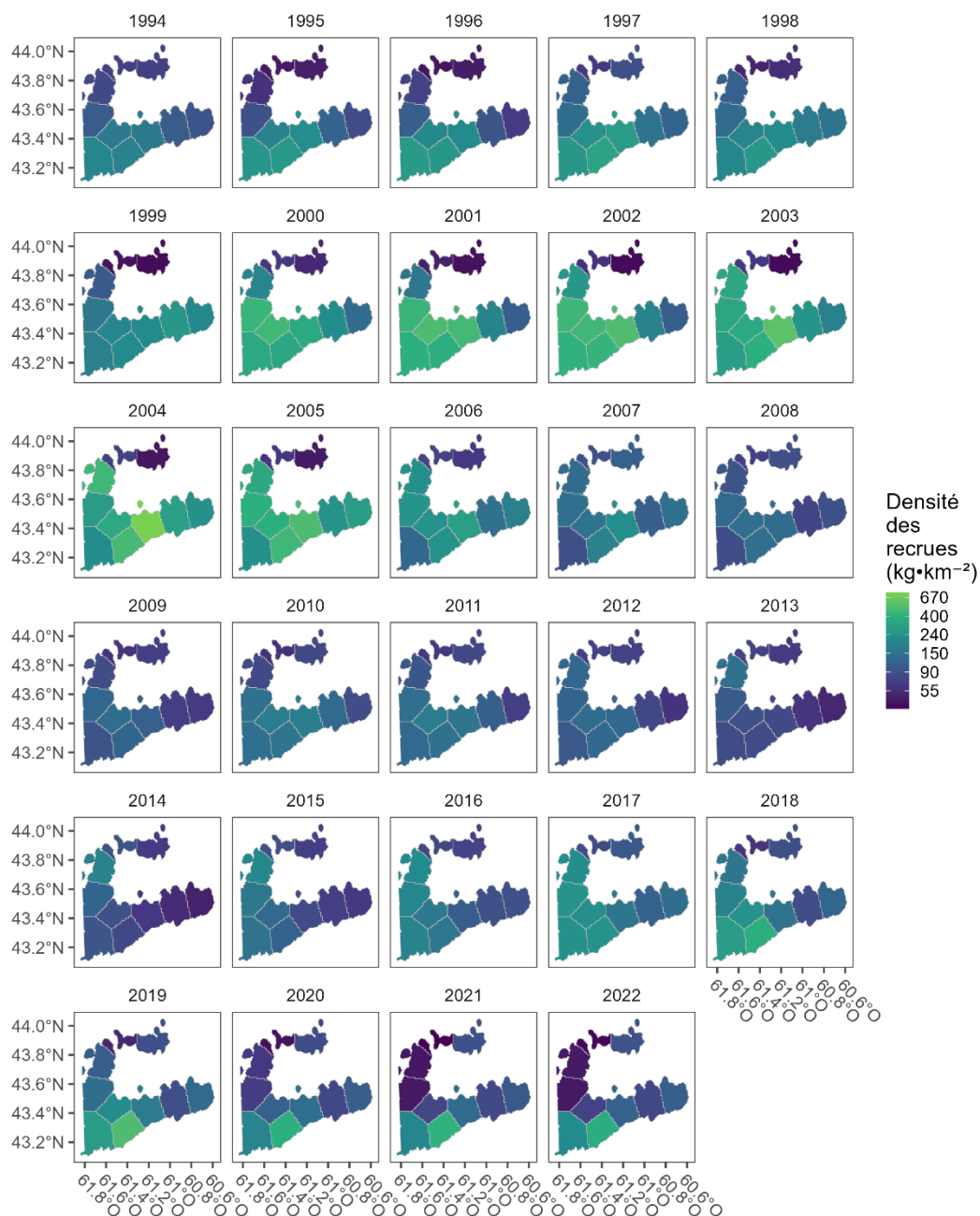


Figure 20 : Densité de la biomasse des recrues ($\frac{kg}{km^2}$) de 1994 à 2022 prédite par le modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A, dans chaque nœud.

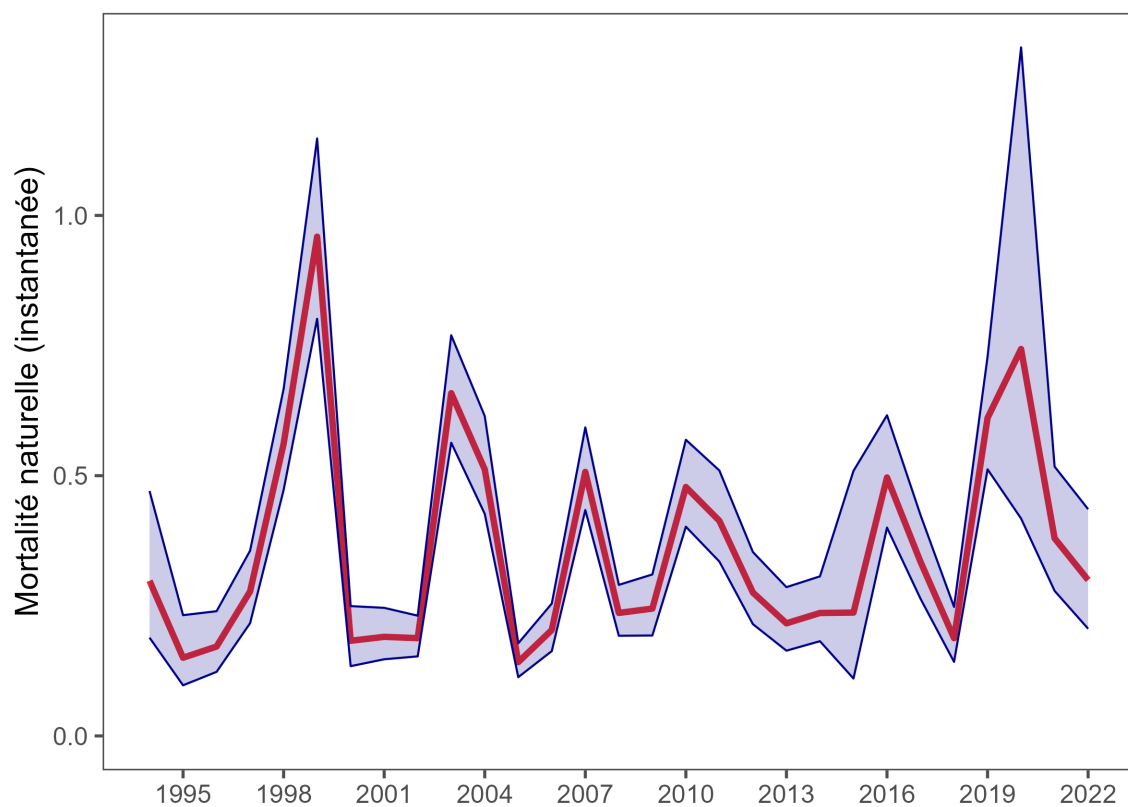


Figure 21 : Mortalité naturelle (instantanée) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la mortalité naturelle prédite.

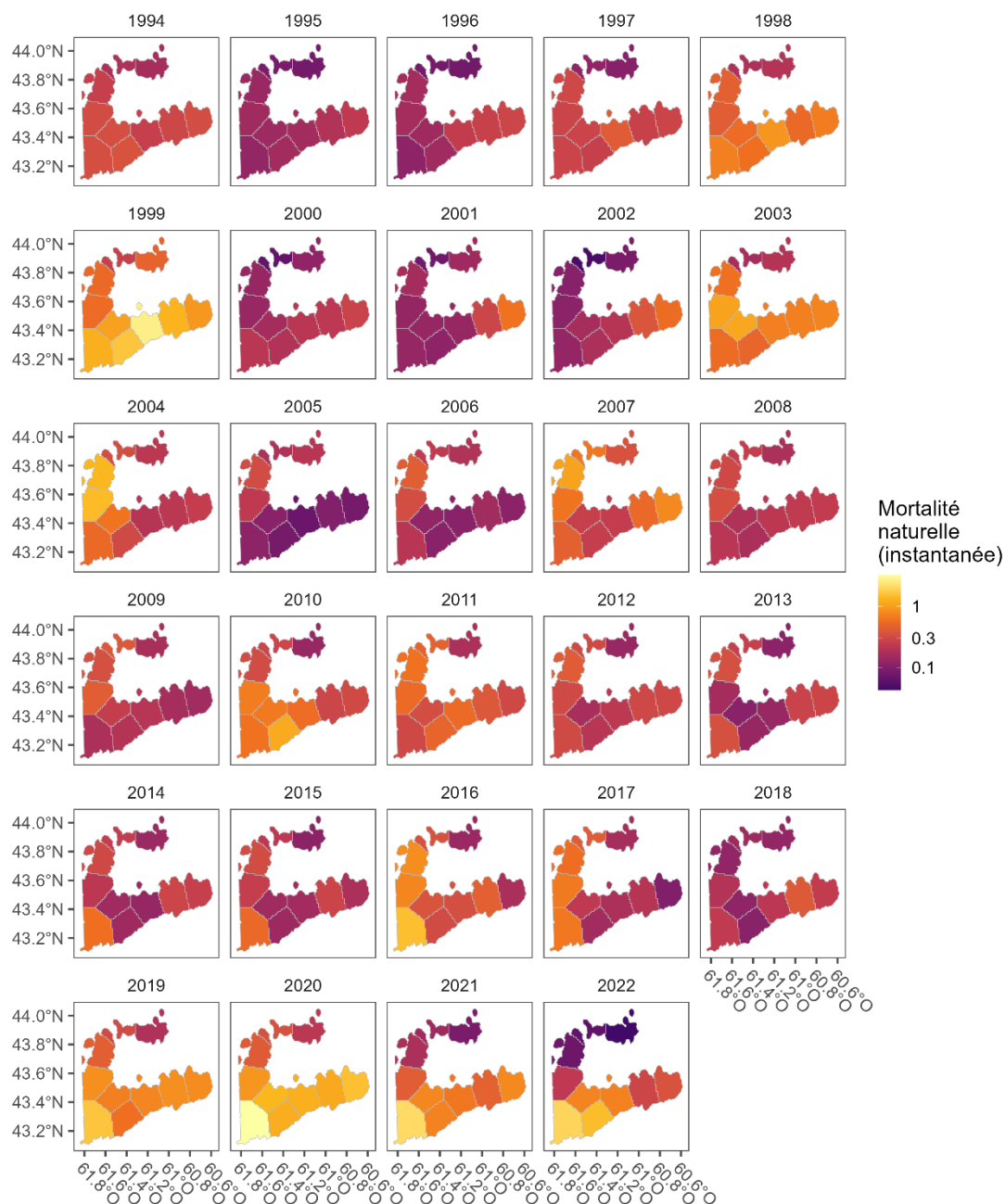


Figure 22 : Mortalité naturelle (instantanée) de 1994 à 2022 prédite par le modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A, dans chaque nœud.

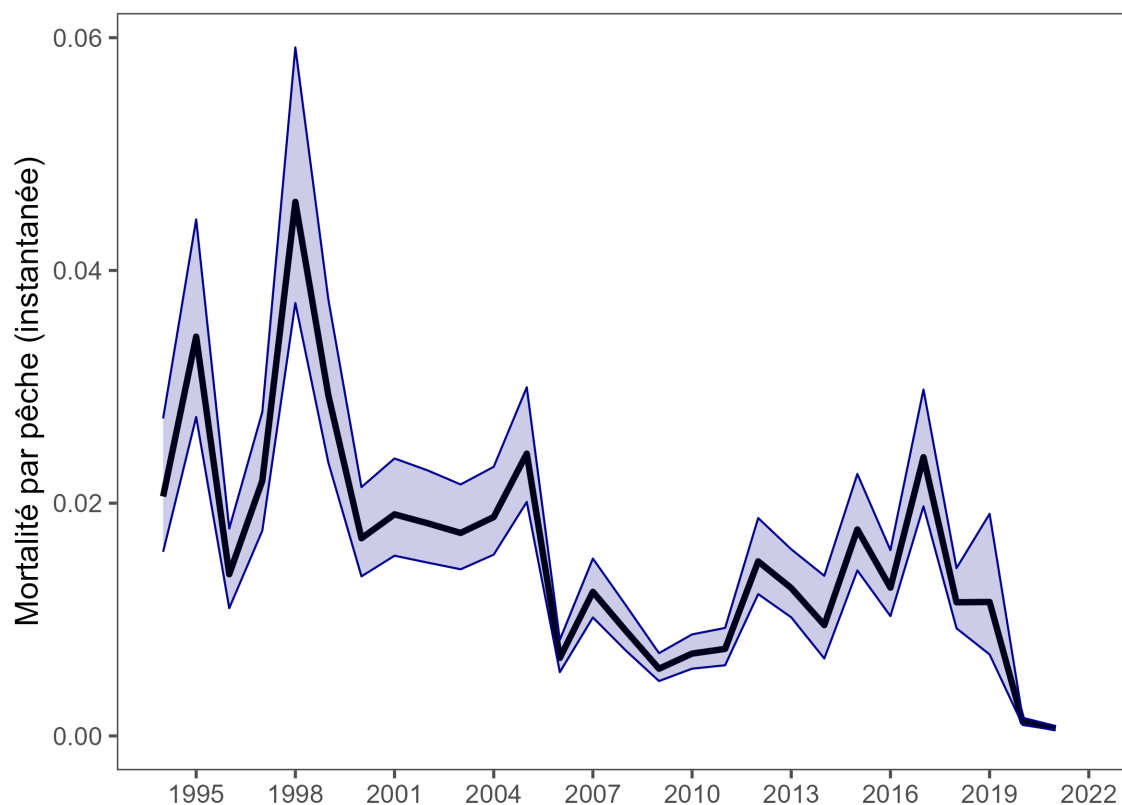


Figure 23 : Mortalité par pêche (instantanée) de 1994 à 2021 estimée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la mortalité par pêche estimée. L'année correspond à la mortalité par pêche associée aux prélèvements de la pêche de l'année du relevé et à l'estimation de la biomasse pour cette année (p. ex. la mortalité par pêche de 2021 est calculée en utilisant les prélèvements de la pêche de juin 2021 à mai 2022 et l'estimation de la biomasse en 2021). Ainsi, aucune mortalité par pêche n'est calculée pour l'année terminale du modèle.

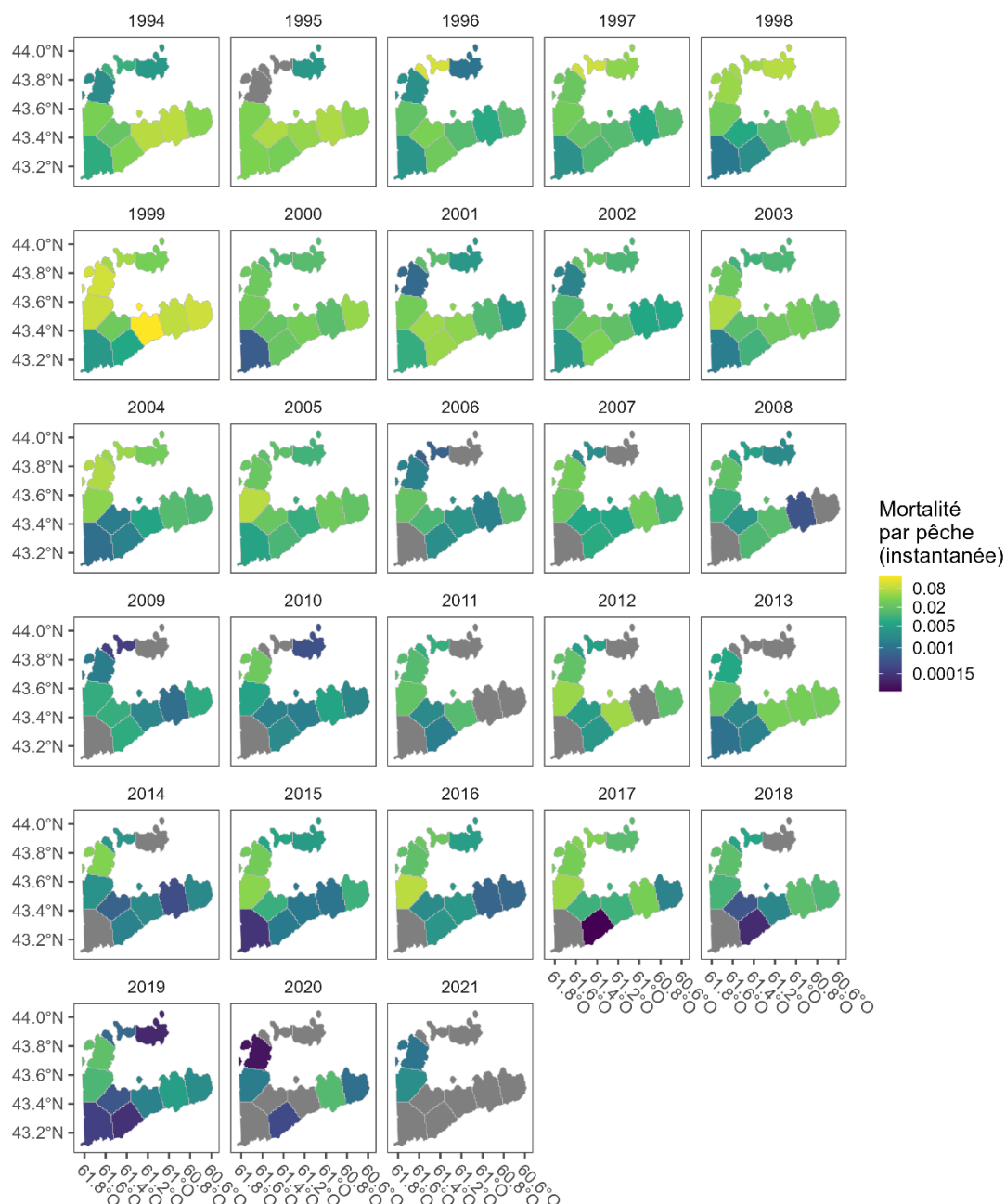


Figure 24 : Mortalité par pêche (instantanée) de 1994 à 2021 estimée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite dans la zone de pêche du pétoncle 25A pour chaque nœud. Les nœuds gris indiquent les zones où il n'y a pas eu de pêche. L'année correspond à la mortalité par pêche associée aux prélèvements de la pêche de l'année du relevé et à l'estimation de la biomasse pour cette année (p. ex. la mortalité par pêche de 2021 est calculée en utilisant les prélèvements de la pêche de juin 2021 à mai 2022 et l'estimation de la biomasse en 2021). Ainsi, aucune mortalité par pêche n'est calculée pour l'année terminale du modèle.

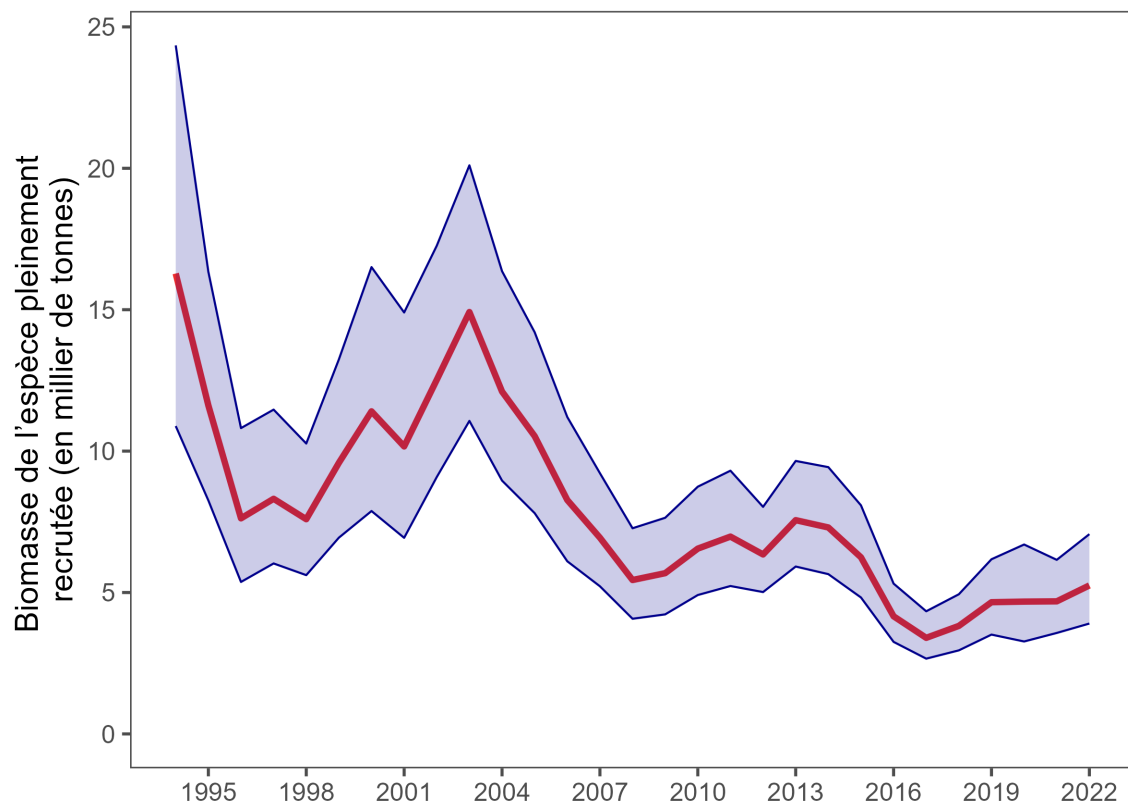


Figure 25 : Biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la biomasse prédite.

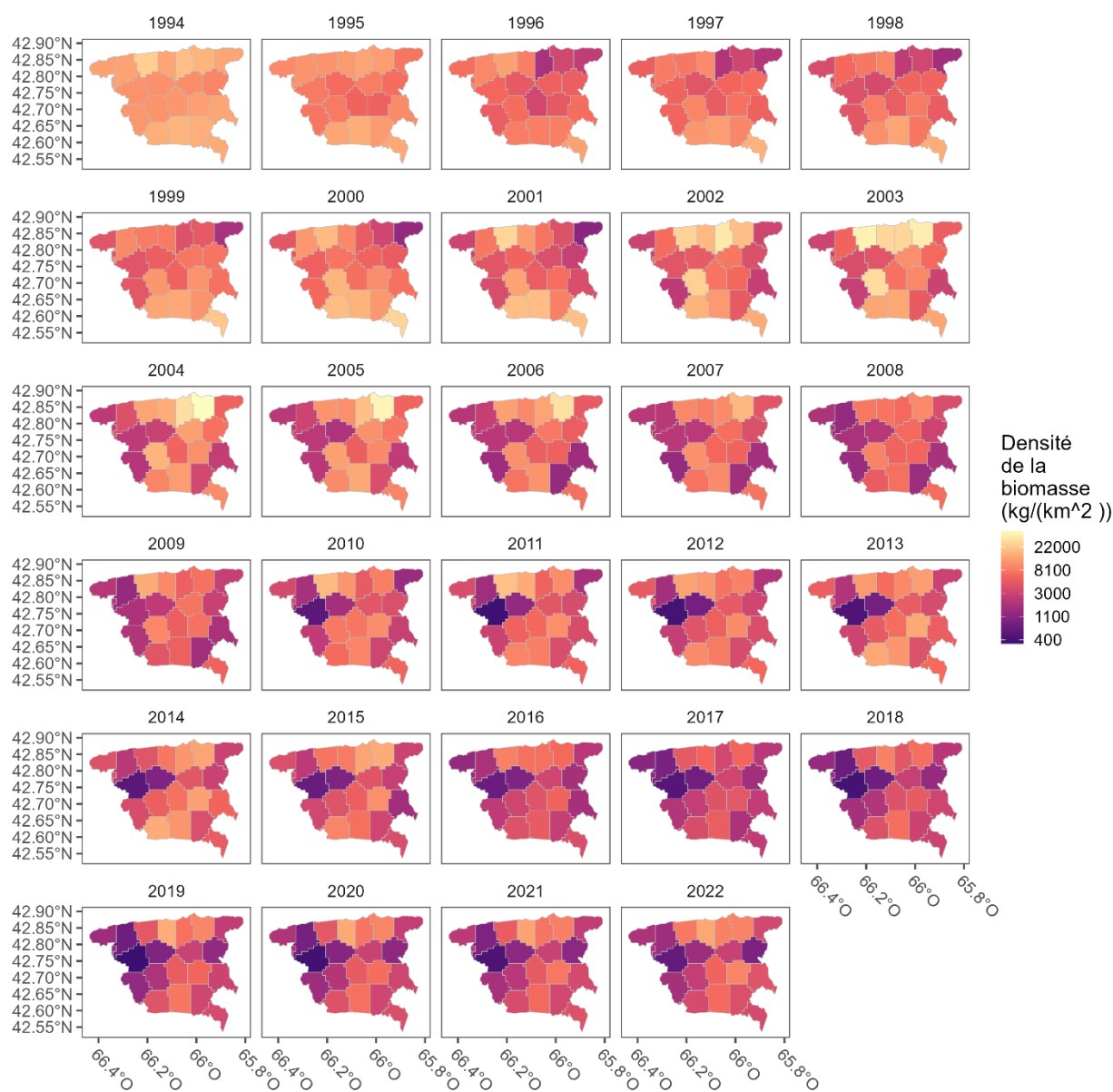


Figure 26 : Densité de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés ($\frac{\text{kg}}{\text{km}^2}$) de 1994 à 2022 prédite par le modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A pour chaque nœud.

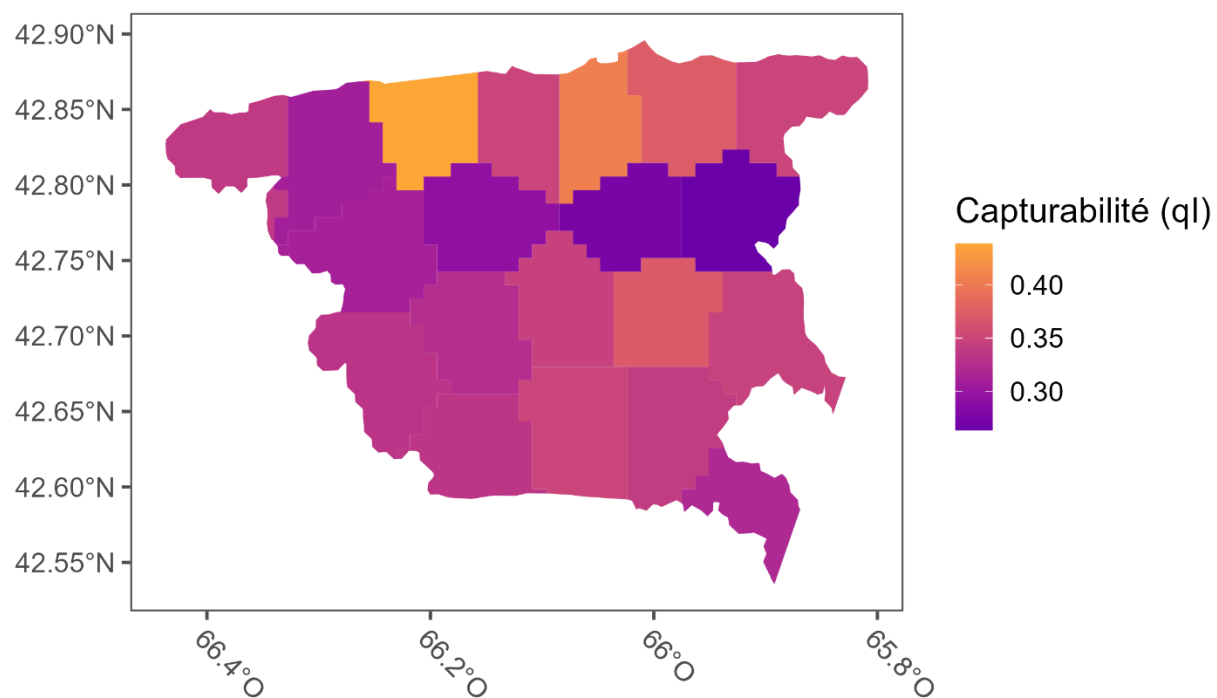


Figure 27 : Prévisions de la capturabilité des pétoncles pleinement recrutés selon le modèle d'évaluation spatialement explicite dans la ZPP 26A.

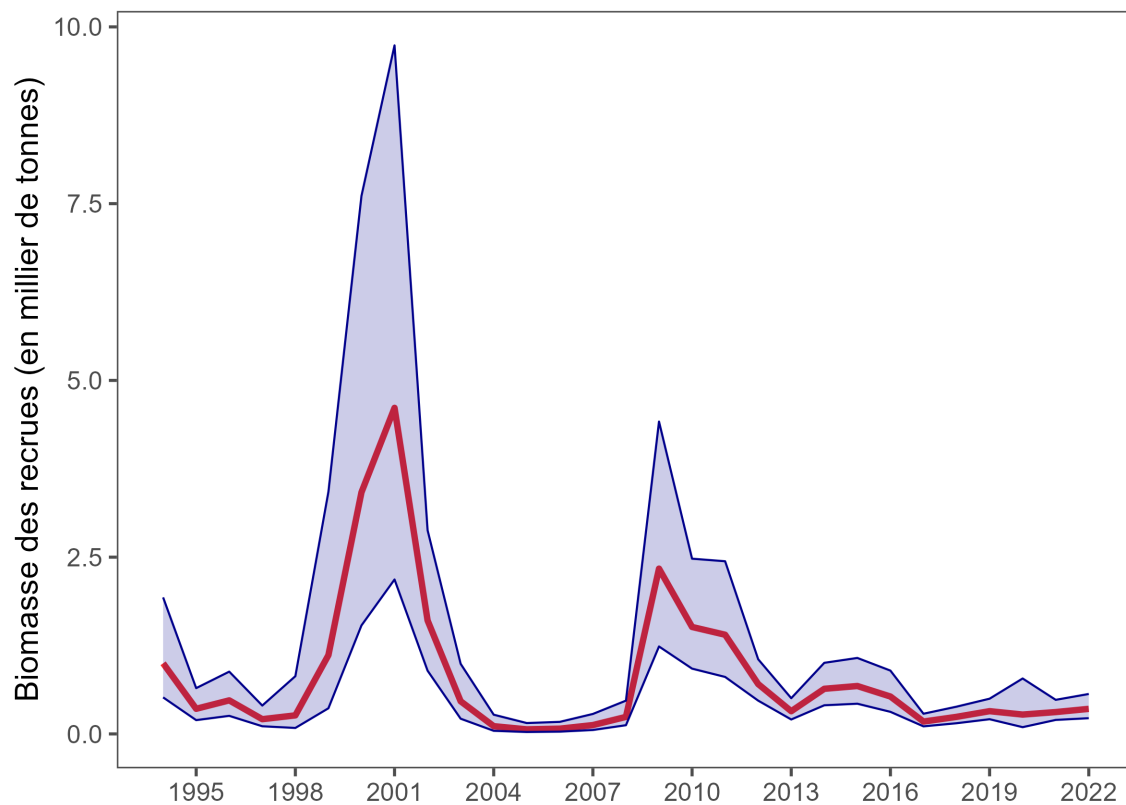


Figure 28 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la biomasse prédite.

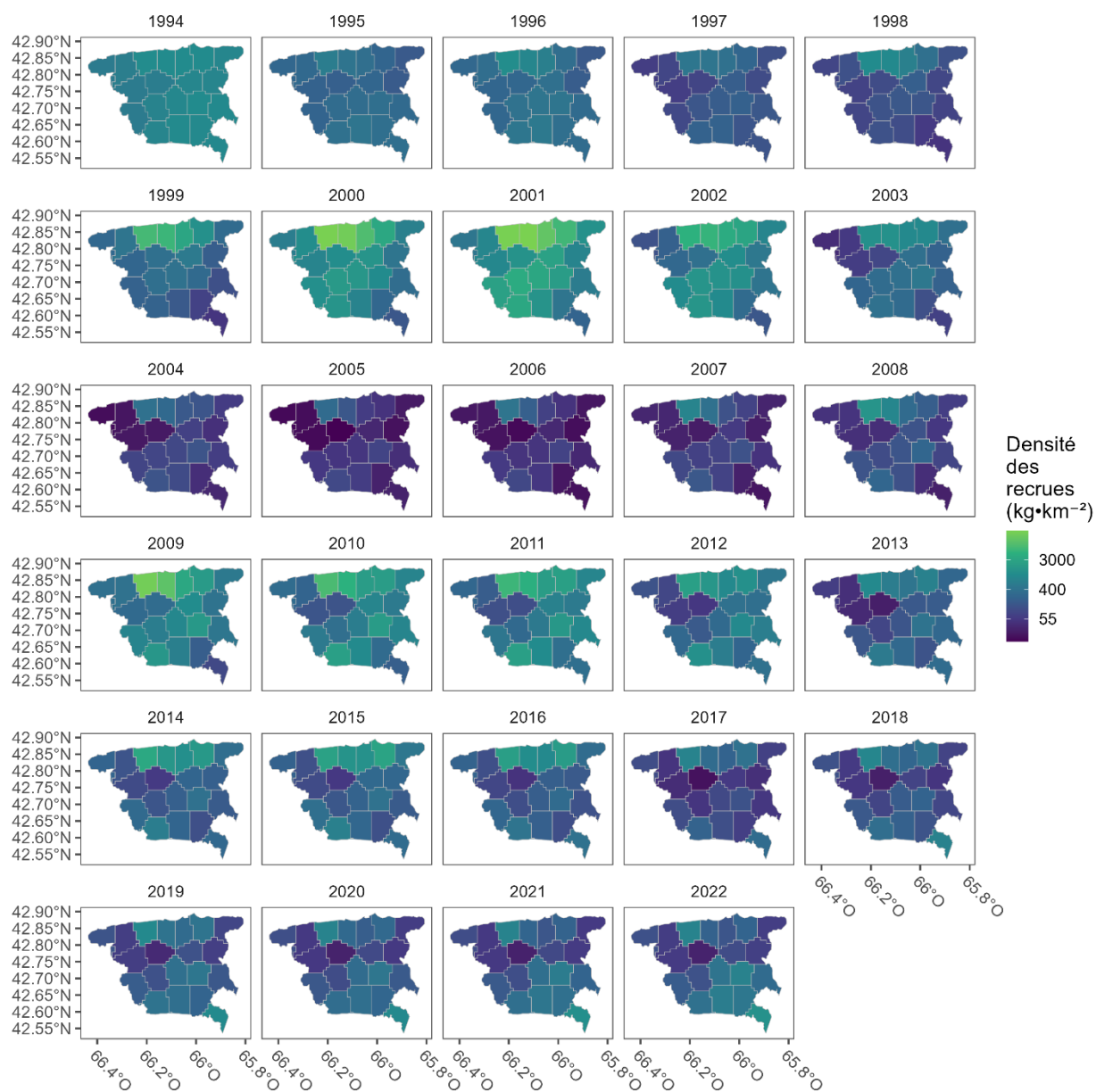


Figure 29 : Densité de la biomasse des recrues ($\frac{kg}{km^2}$) de 1994 à 2022 prédite par le modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A, dans chaque nœud.

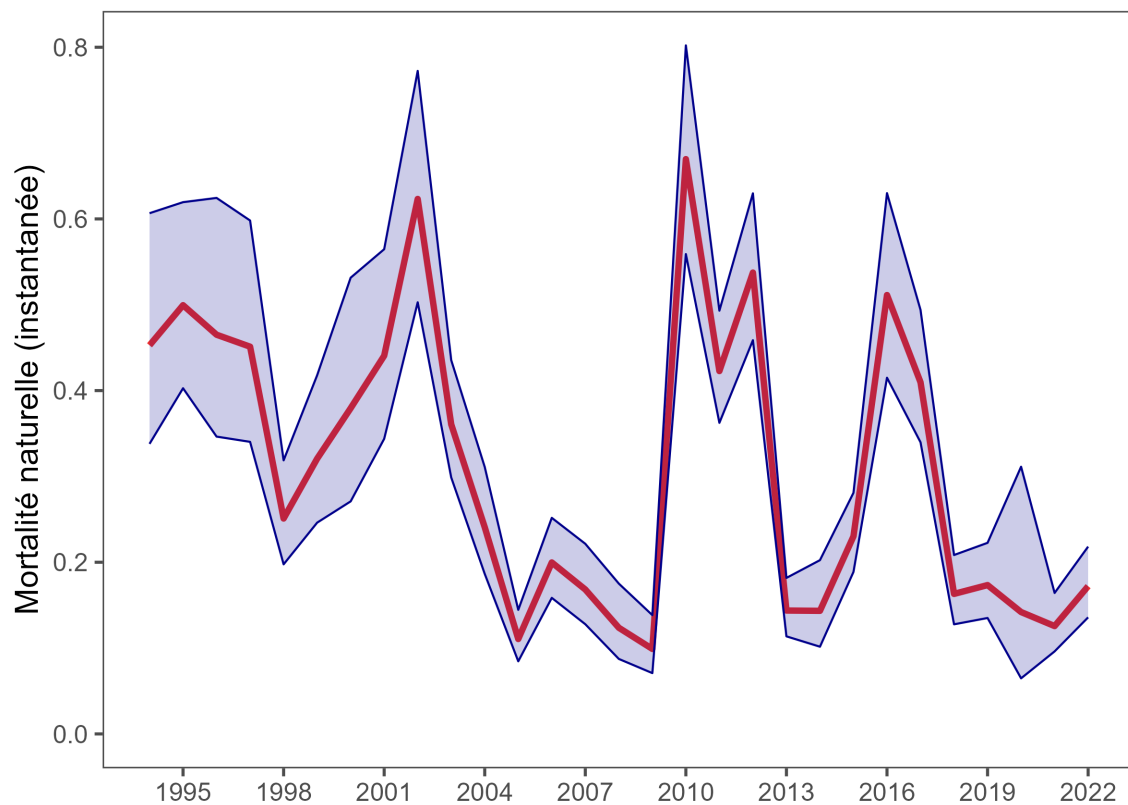


Figure 30 : Mortalité naturelle (instantanée) de 1994 à 2022 modélisée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la mortalité naturelle prédite.

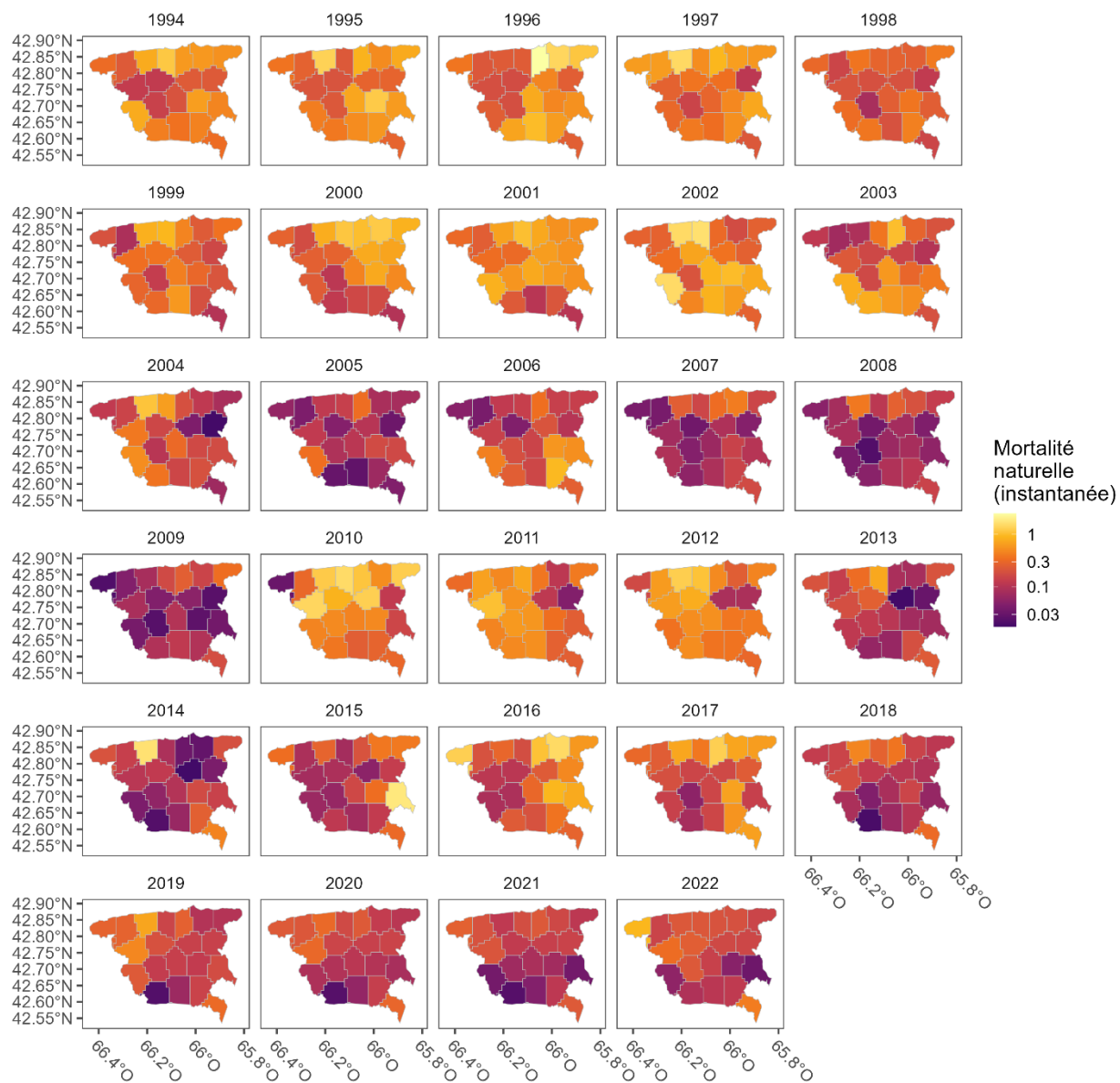


Figure 31 : Mortalité naturelle (instantanée) de 1994 à 2022 prédite par le modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A, dans chaque nœud.

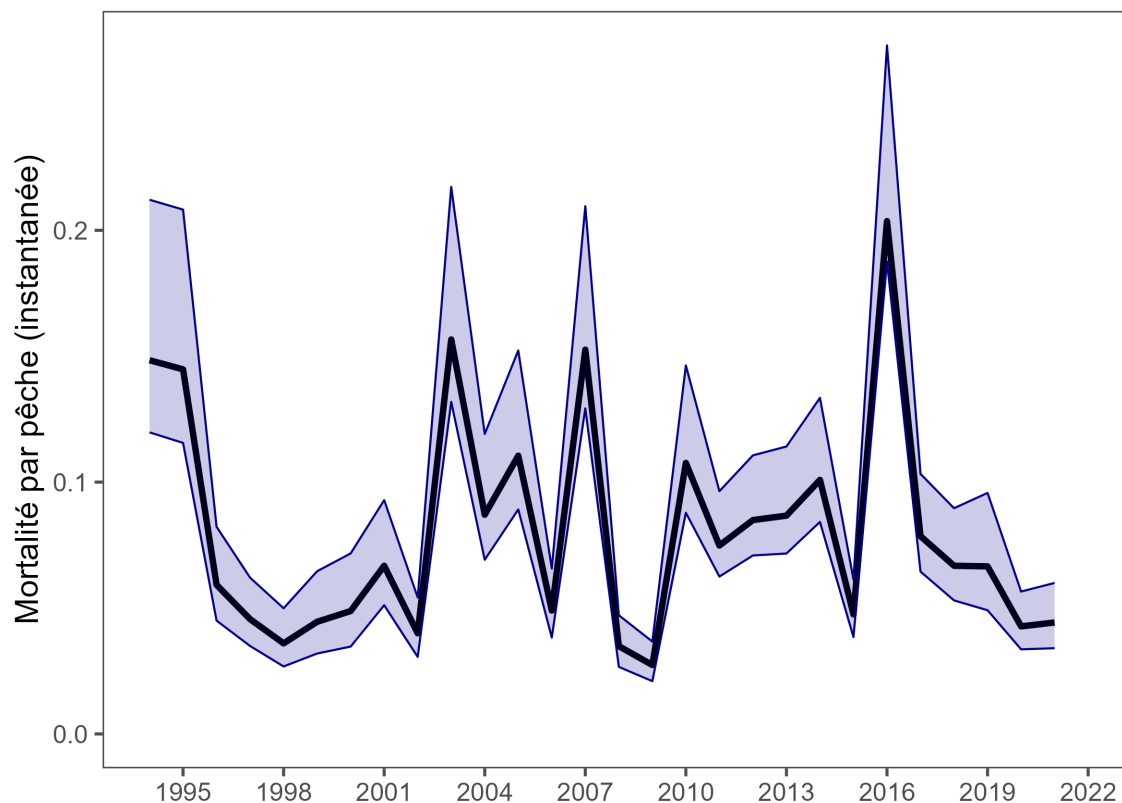


Figure 32 : Mortalité par pêche (instantanée) de 1994 à 2021 estimée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 26A. La zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 % et la ligne rouge représente la mortalité par pêche estimée. L'année correspond à la mortalité par pêche associée aux prélèvements de la pêche de l'année du relevé et à l'estimation de la biomasse pour cette année (p. ex. la mortalité par pêche de 2021 est calculée en utilisant les prélèvements de la pêche de juin 2021 à mai 2022 et l'estimation de la biomasse en 2021). Ainsi, aucune mortalité par pêche n'est calculée pour l'année terminale du modèle.

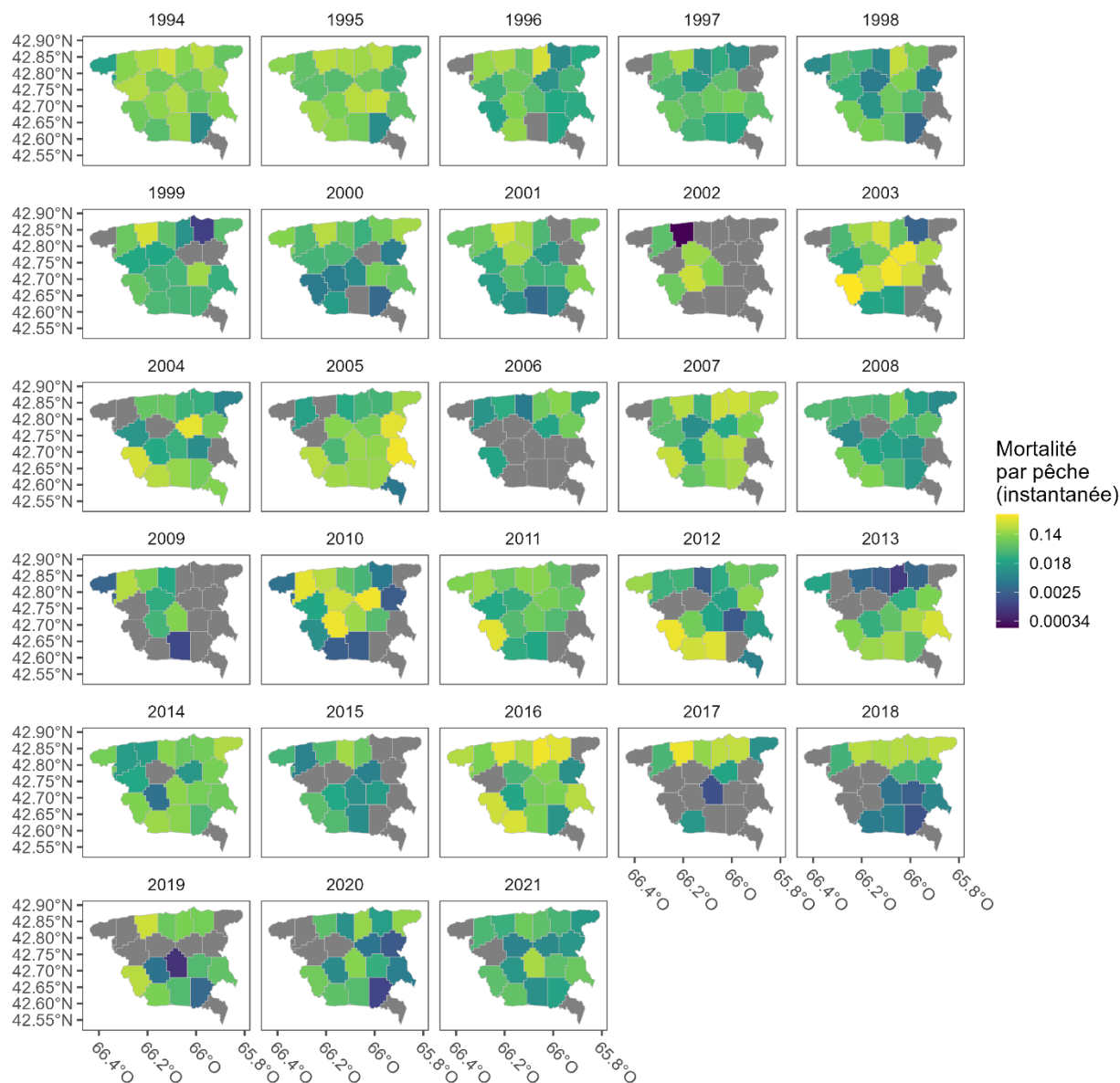


Figure 33 : Mortalité par pêche (instantanée) de 1994 à 2021 estimée à l'aide du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A, dans chaque nœud. Les nœuds gris indiquent les zones où il n'y a pas eu de pêche. L'année correspond à la mortalité par pêche associée aux prélèvements de la pêche de l'année du relevé et à l'estimation de la biomasse pour cette année (p. ex. la mortalité par pêche de 2021 est calculée en utilisant les prélèvements de la pêche de juin 2021 à mai 2022 et l'estimation de la biomasse en 2021). Ainsi, aucune mortalité par pêche n'est calculée pour l'année terminale du modèle.

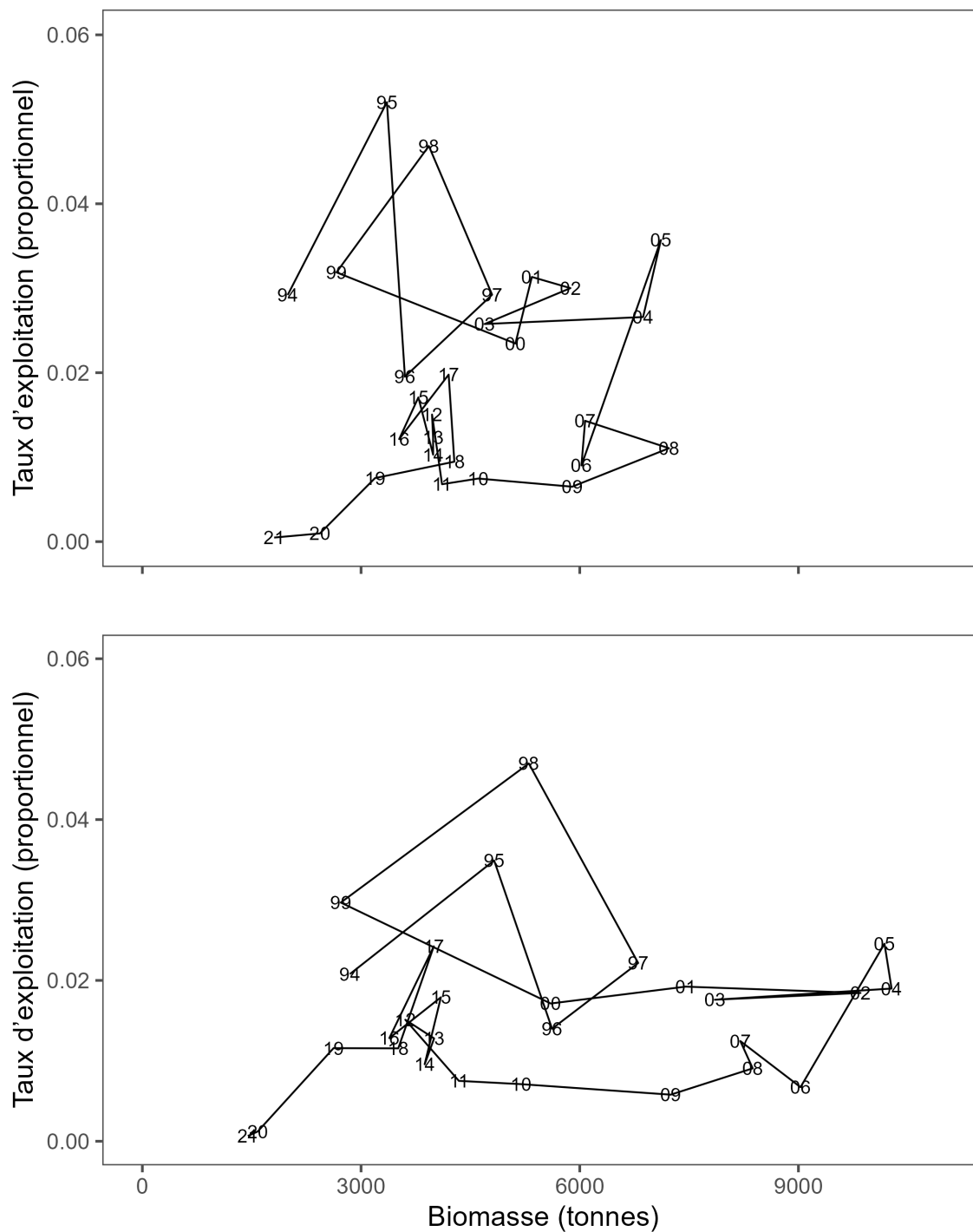


Figure 34 : Diagrammes de phase de la zone de pêche du pétoncle 25A. Le panneau supérieur est celui du modèle bayésien état-espace non spatial et le panneau inférieur est celui du modèle d'évaluation spatialement explicite. Le taux d'exploitation (proportionnel) figure sur l'axe des y et la biomasse sur l'axe des x. Les nombres sur le diagramme représentent l'année (p. ex. 14 représente le changement de biomasse par rapport à 2014-2015 et le taux d'exploitation connexe).

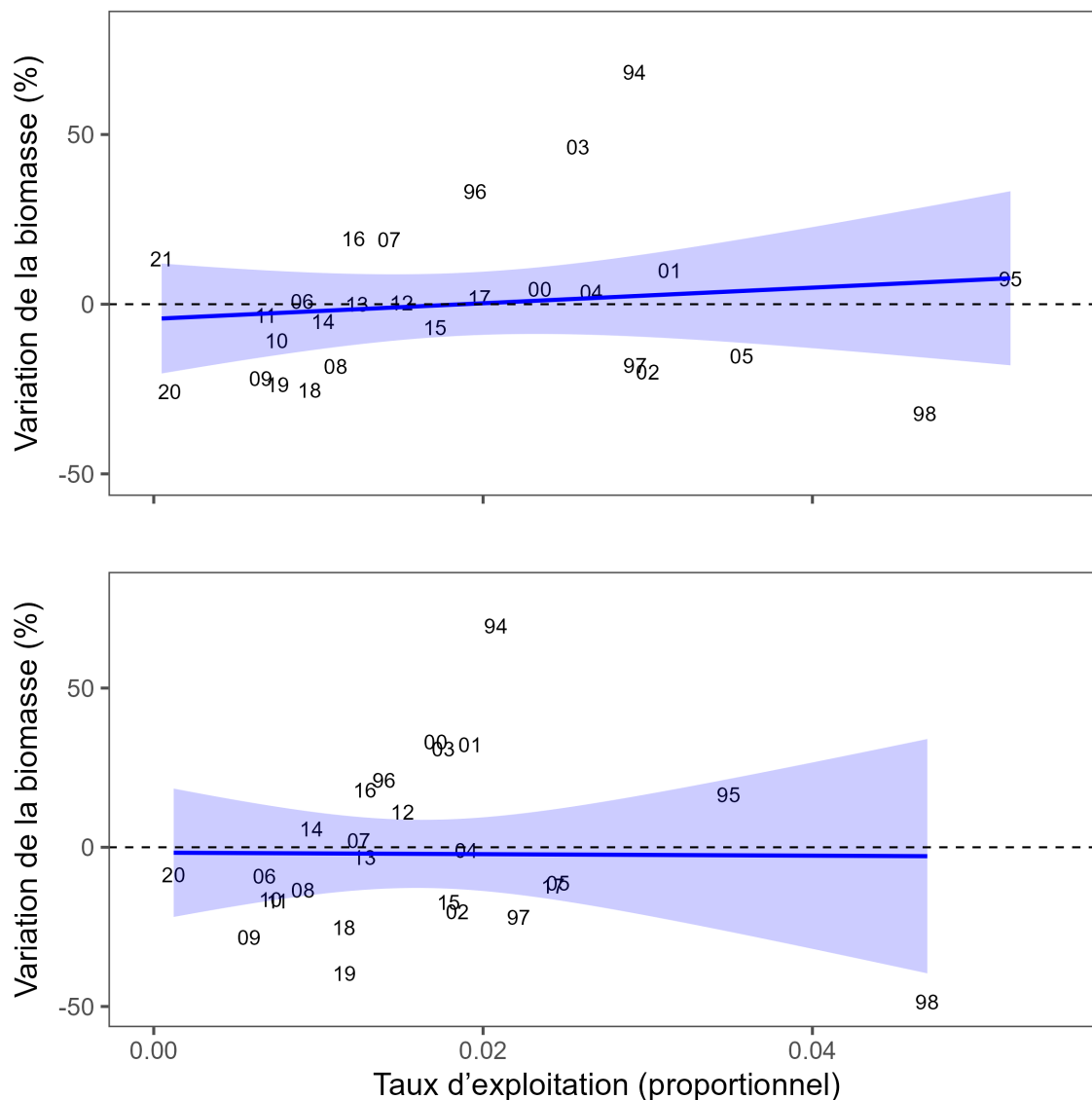


Figure 35 : Changement en pourcentage dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de la zone de pêche du pétoncle 25A par rapport au taux d'exploitation pour le modèle bayésien état-espace non spatial (panneau supérieur) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (panneau inférieur). Les nombres sur le diagramme représentent l'année (p. ex. 14 représente le changement de biomasse par rapport à 2014-2015 et le taux d'exploitation connexe).

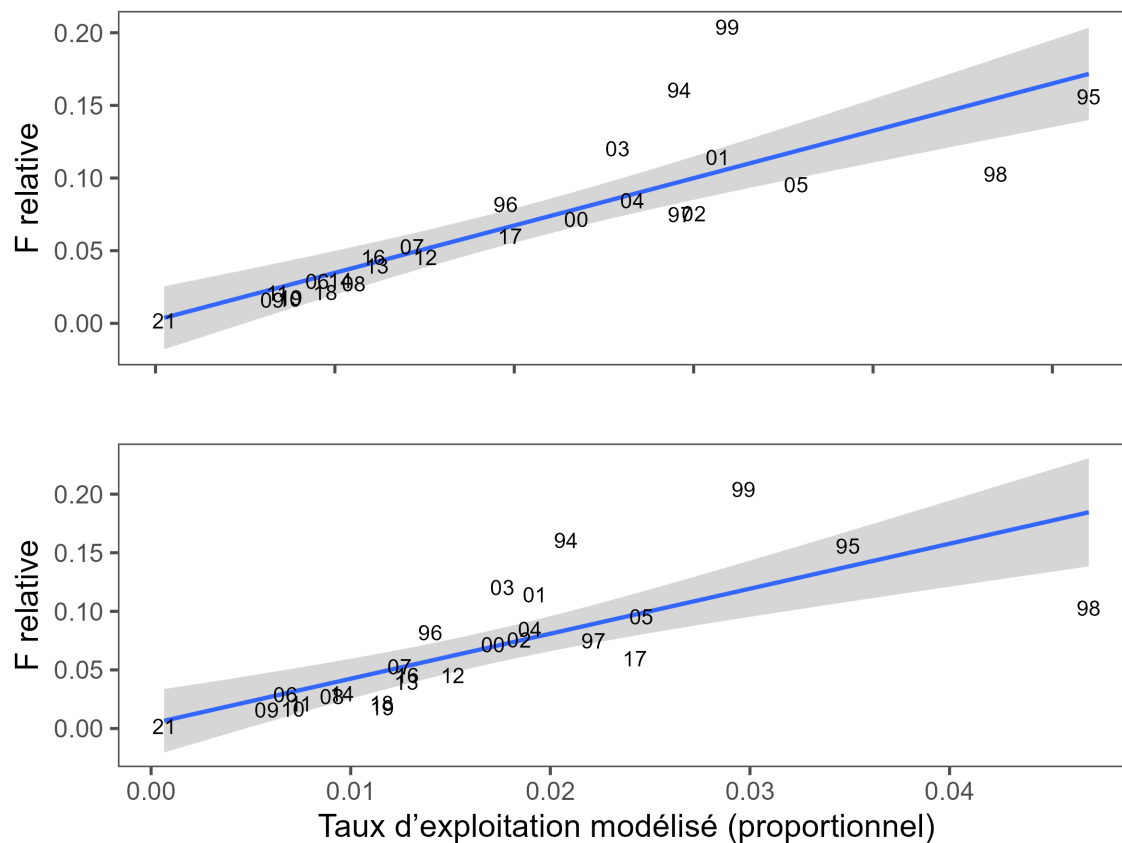


Figure 36 : Mortalité relative par pêche dans la zone de pêche du pétoncle 25A, d'après Keyser et al. (sous presse) par rapport à la mortalité par pêche estimée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial (panneau supérieur) et du modèle d'évaluation spatialement explicite (panneau inférieur). Les chiffres sur le diagramme représentent l'année (p. ex. 14 représente le taux d'exploitation pour 2014-2015). La ligne bleue représente la relation linéaire entre la valeur relative de F et la mortalité par pêche prévue par le modèle et la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

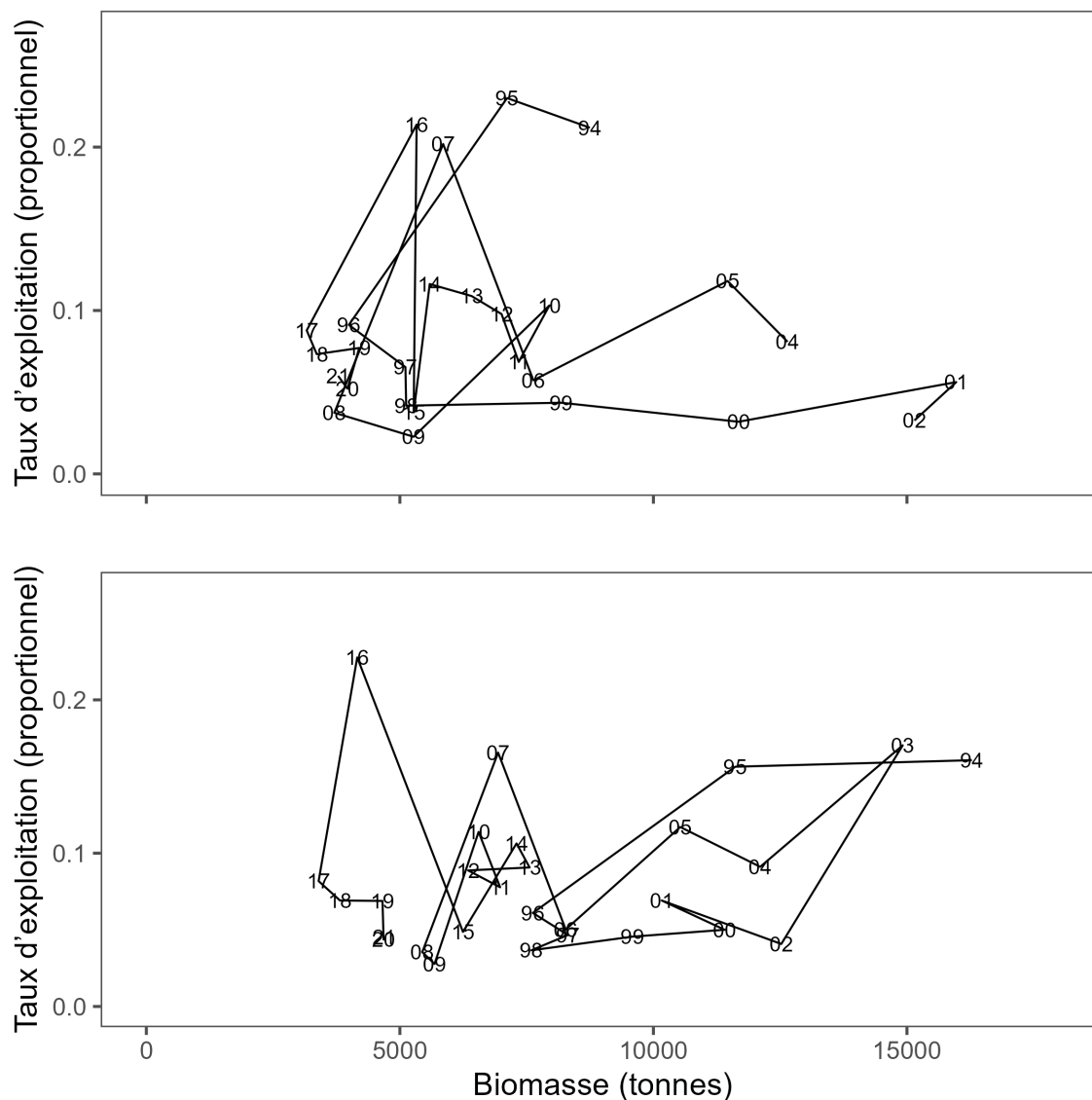


Figure 37 : Diagrammes de phase de la zone de pêche du pétoncle 26A du modèle bayésien état-espace non spatial (panneau supérieur) et du modèle d'évaluation spatialement explicite (panneau inférieur). Le taux d'exploitation (proportionnel) figure sur l'axe des y et la biomasse sur l'axe des x. Les nombres sur le diagramme représentent l'année (p. ex. 14 représente le changement de biomasse par rapport à 2014-2015 et le taux d'exploitation connexe).

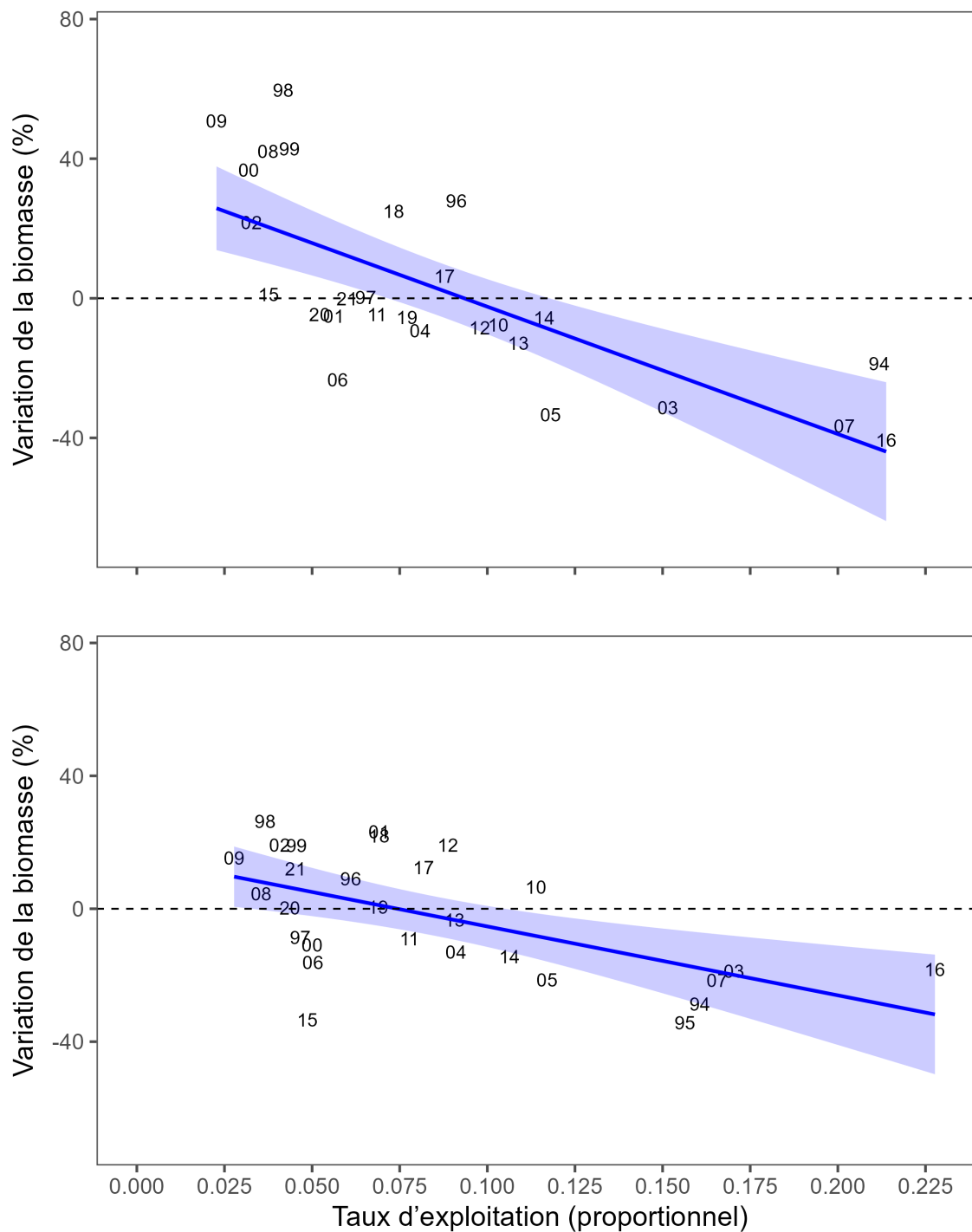


Figure 38 : Changement en pourcentage dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés de la zone de pêche du pétoncle 26A par rapport au taux d'exploitation pour le modèle bayésien état-espace non spatial (panneau supérieur) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (panneau inférieur). Les nombres sur le diagramme représentent l'année (p. ex. 14 représente le changement de biomasse par rapport à 2014-2015 et le taux d'exploitation connexe).

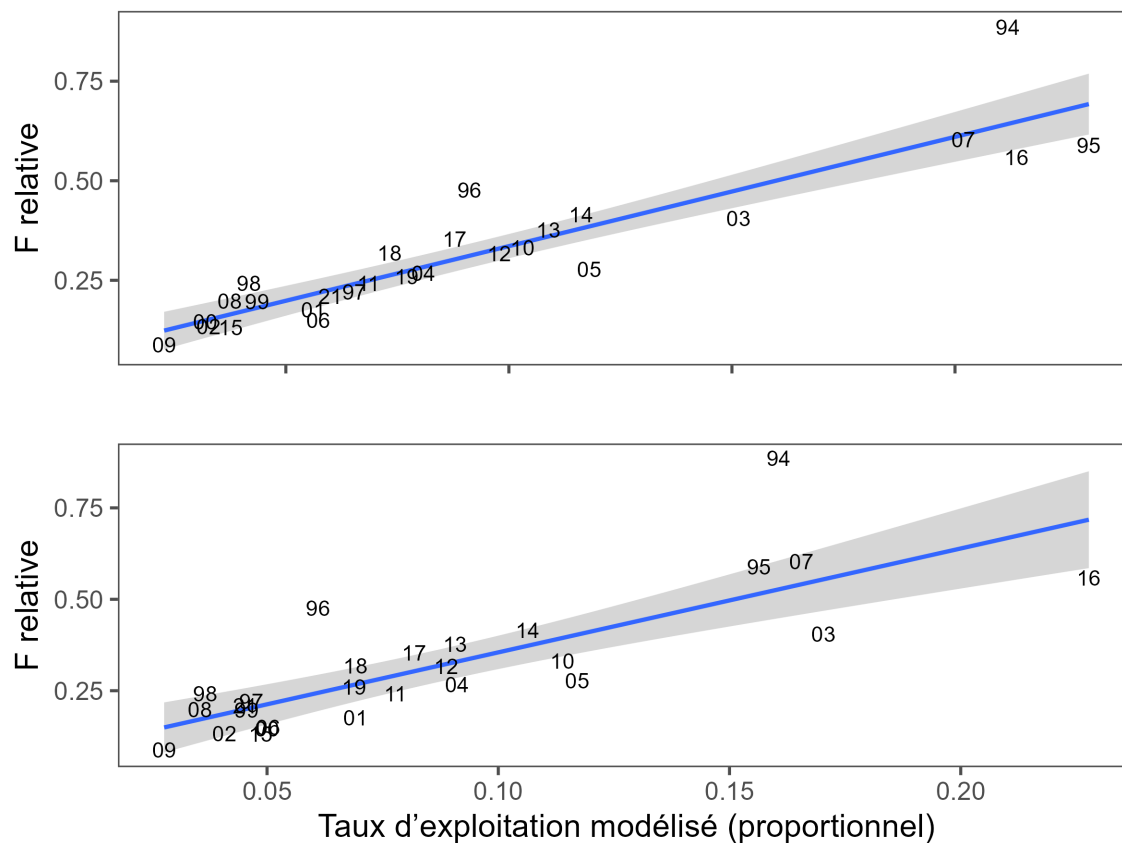


Figure 39 : Mortalité relative par pêche dans la zone de pêche du pétoncle 26A, d'après Keyser et al. (sous presse) par rapport à la mortalité par pêche estimée à l'aide du modèle bayésien état-espace non spatial (panneau supérieur) et du modèle d'évaluation spatialement explicite (panneau inférieur). Les chiffres sur le diagramme représentent l'année (p. ex. 14 représente le taux d'exploitation en 2014-2015). La ligne bleue représente la relation linéaire entre la valeur relative de F et la mortalité par pêche estimée par le modèle, et la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

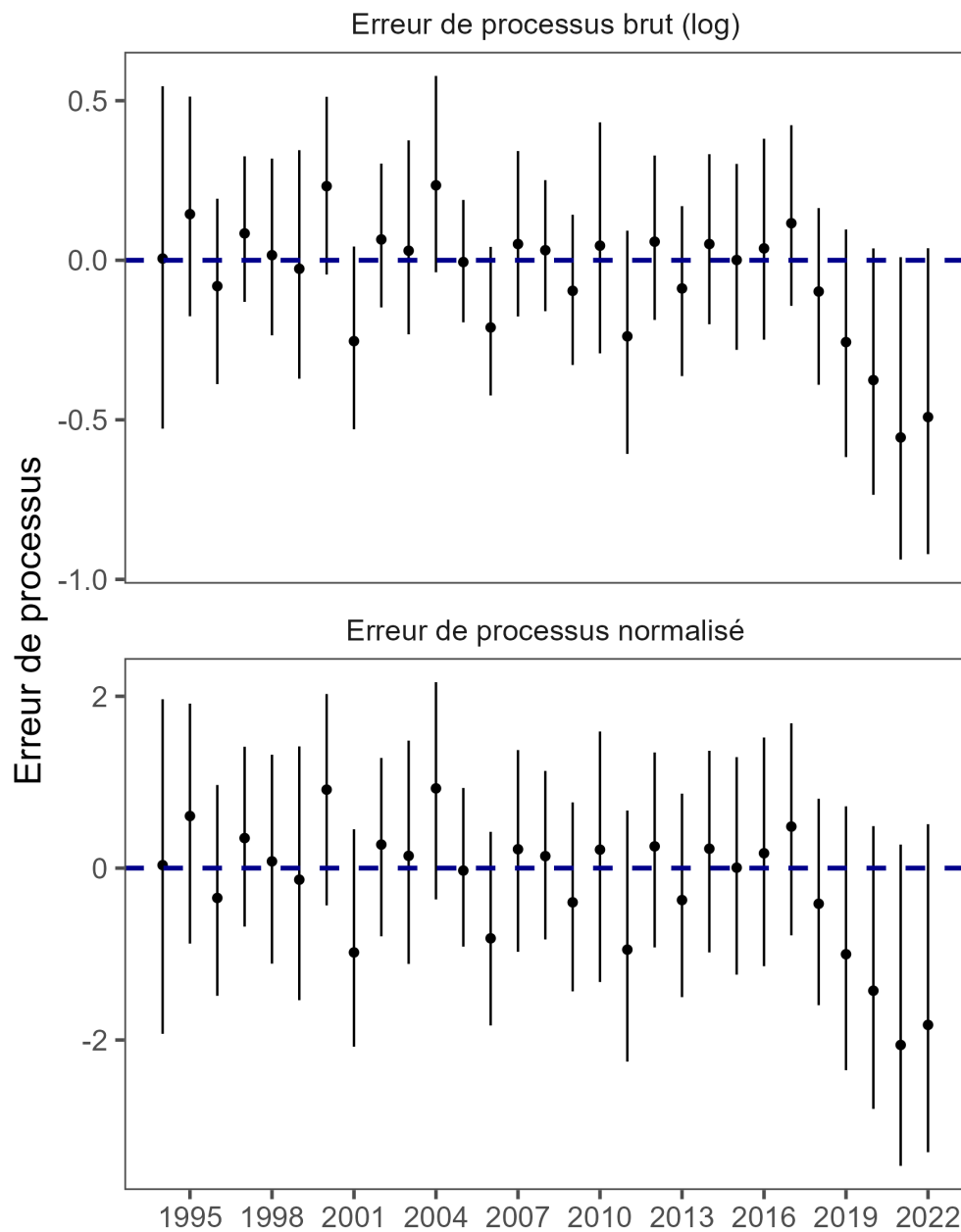


Figure 40 : Erreur de processus annuelle du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A; le panneau supérieur présente l'erreur brute (échelle logarithmique) et le panneau inférieur l'erreur normalisée.

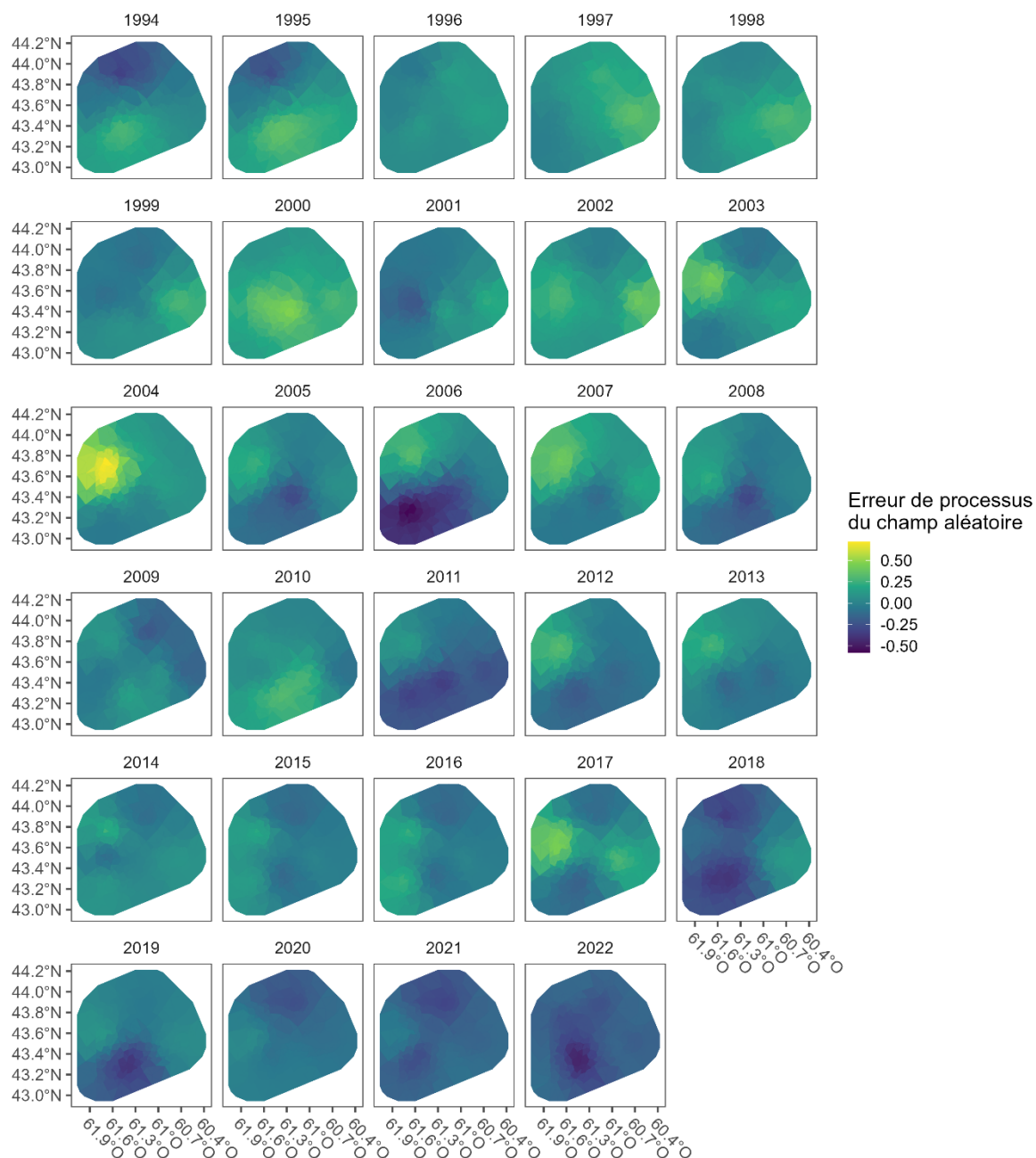


Figure 41 : Champ de l'erreur de processus du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A (échelle logarithmique).

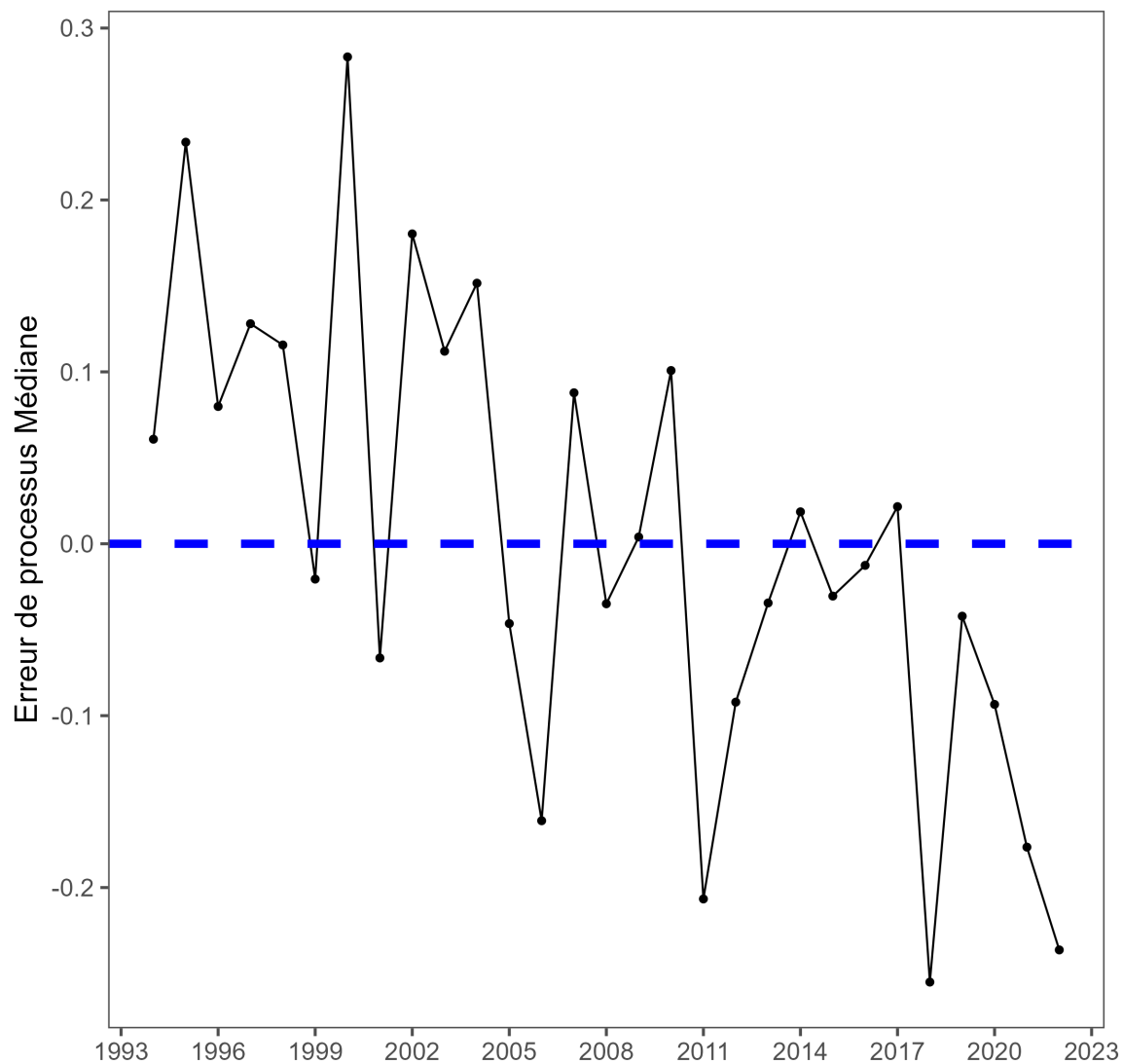


Figure 42 : Erreur de processus annuelle médiane du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A (échelle logarithmique).

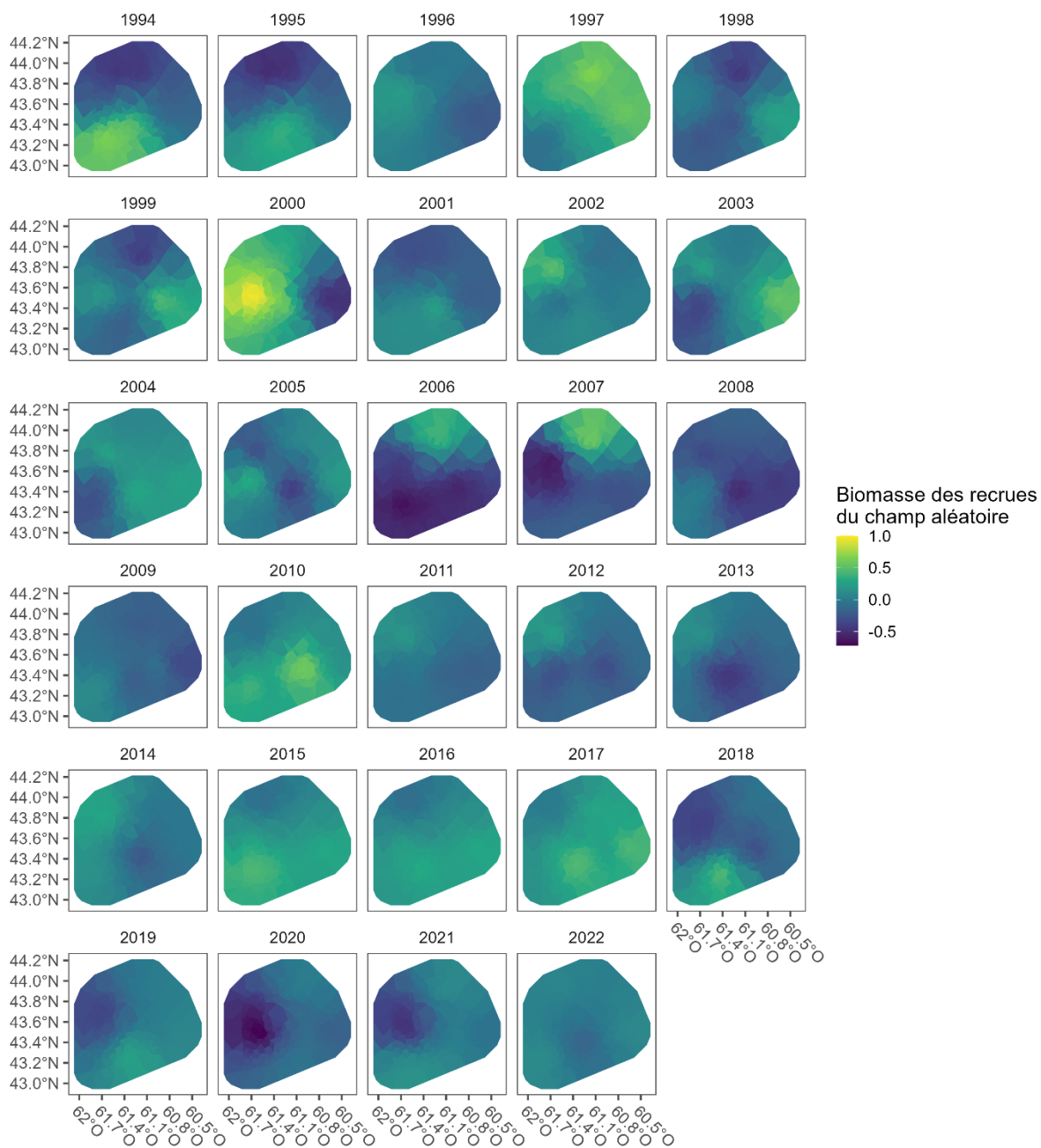


Figure 43 : Champ aléatoire annuel du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la biomasse des recrues dans la zone de pêche du pétoncle 25A (échelle logarithmique).

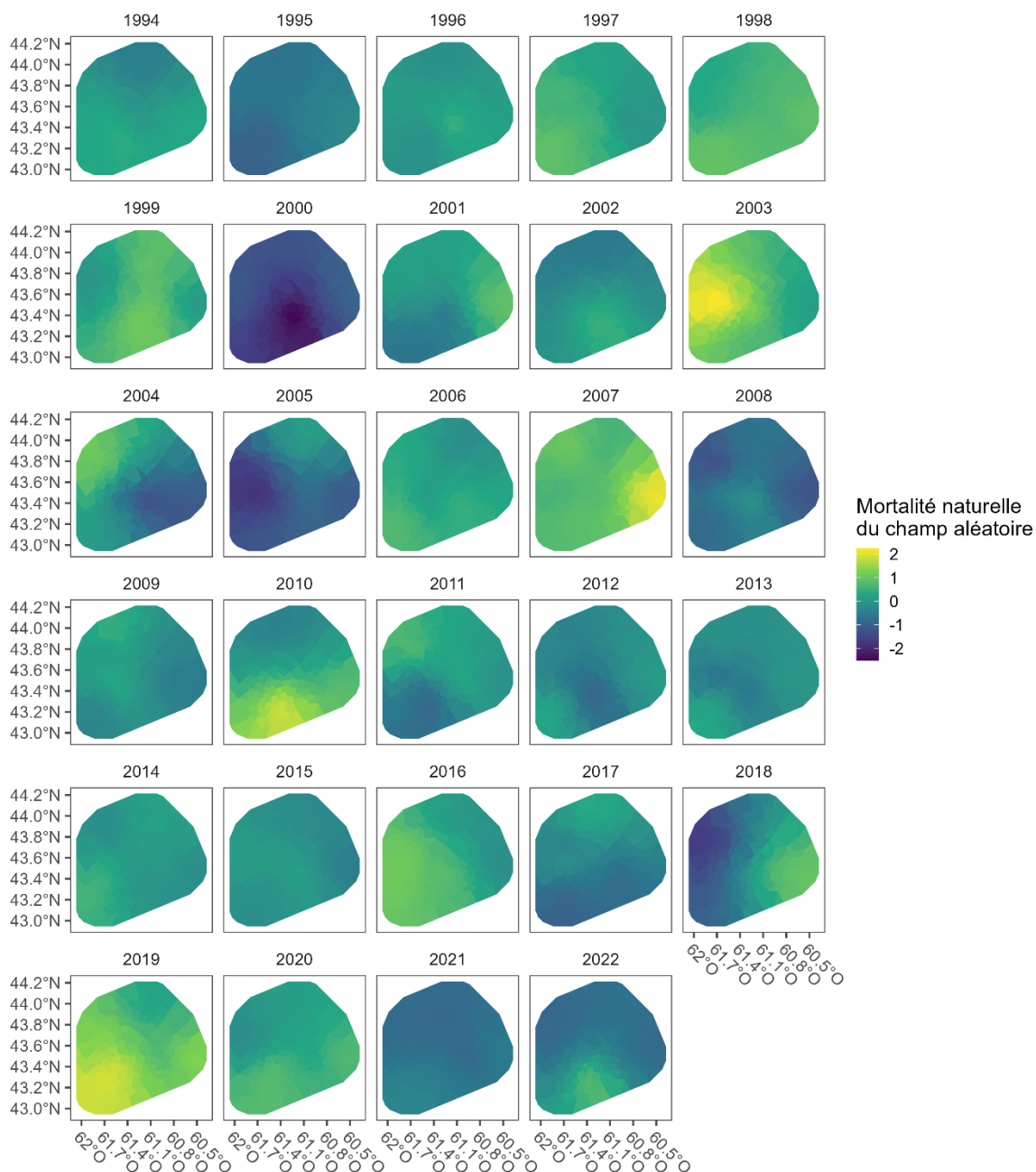


Figure 44 : Champ aléatoire annuel du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la mortalité naturelle dans la zone de pêche du pétoncle 25A (échelle logarithmique).

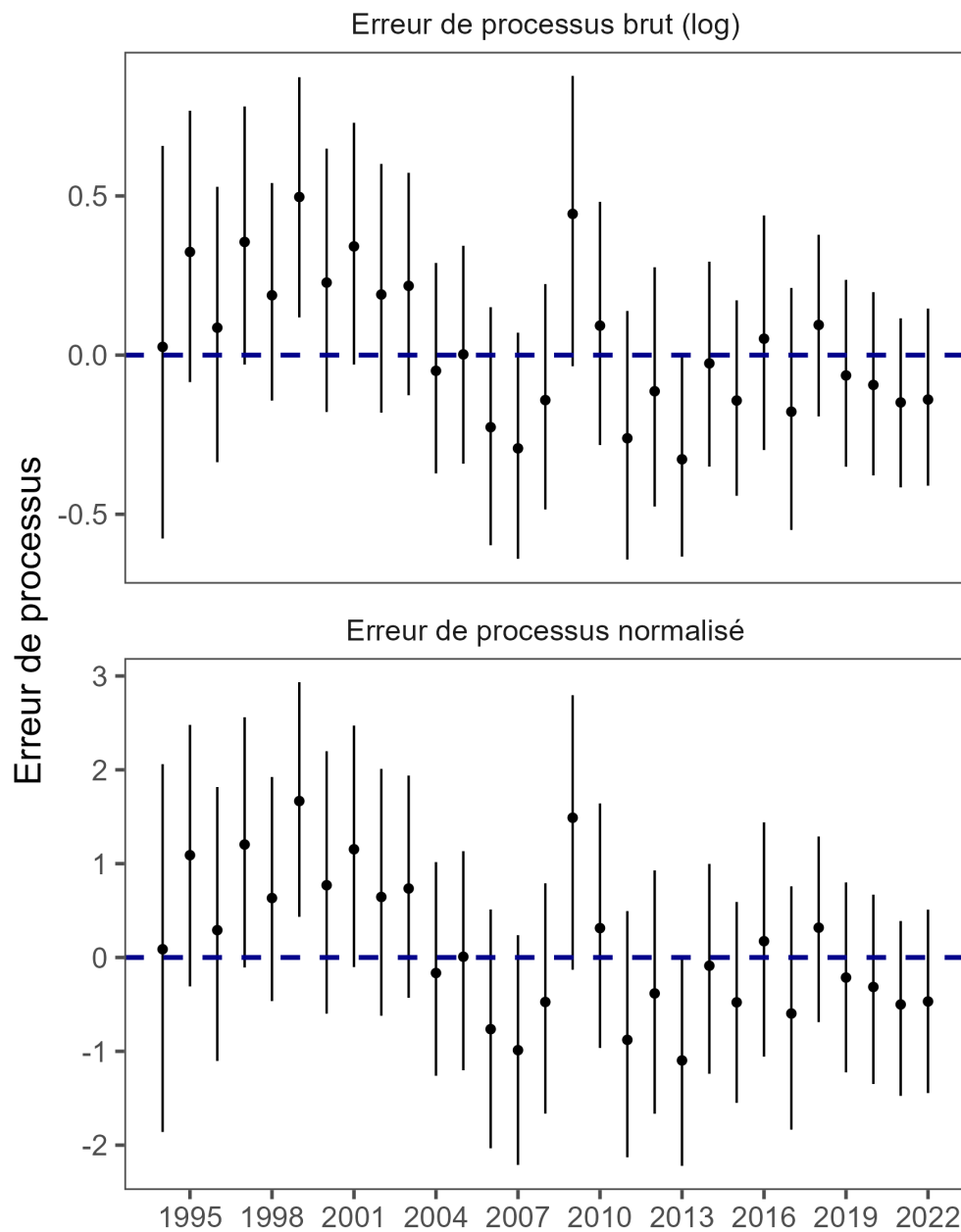


Figure 45 : Erreur de processus annuelle du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A; le panneau supérieur présente l'erreur brute (échelle logarithmique) et le panneau inférieur l'erreur normalisée.

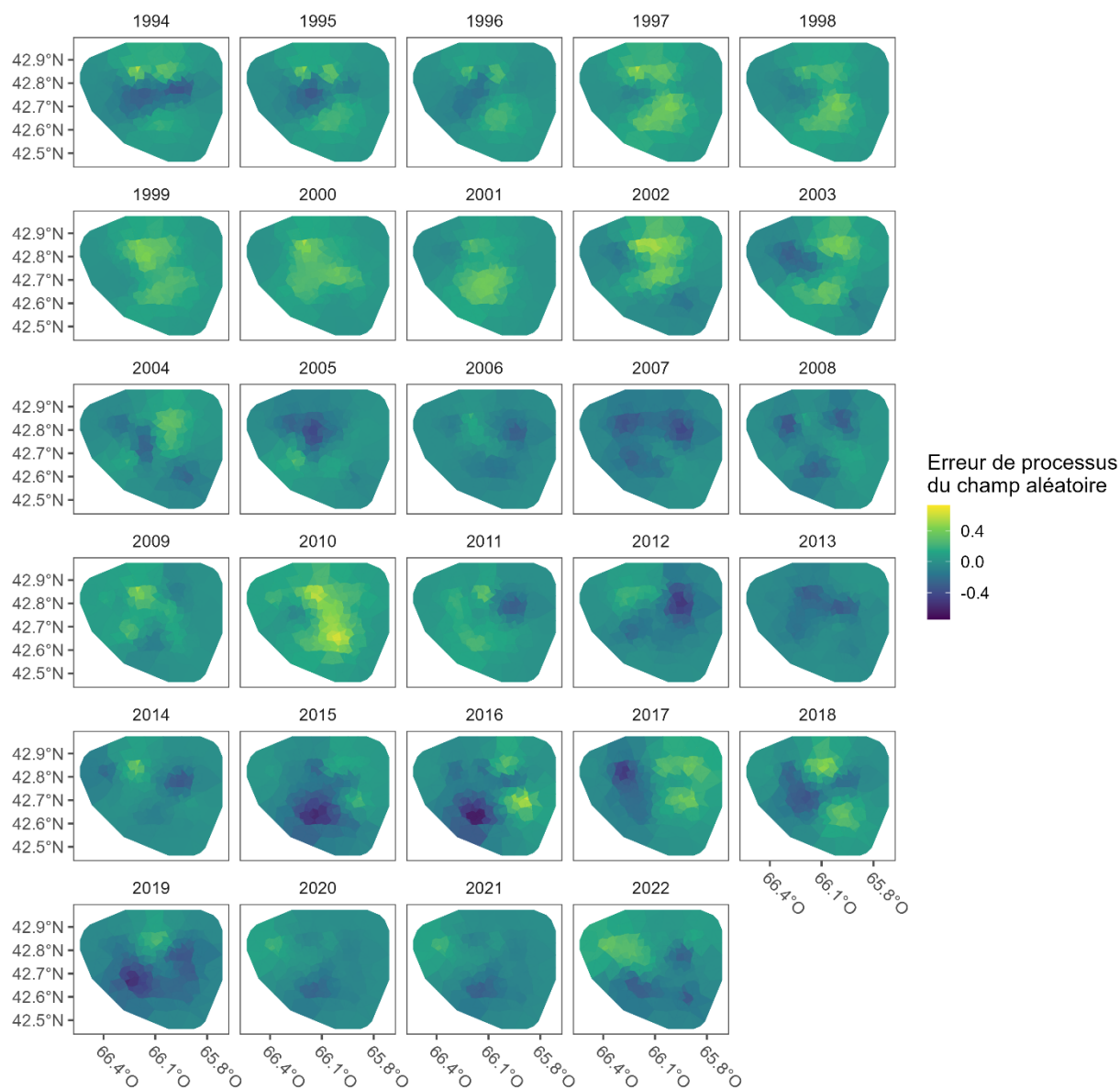


Figure 46 : Champ de l'erreur de processus du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A (échelle logarithmique).

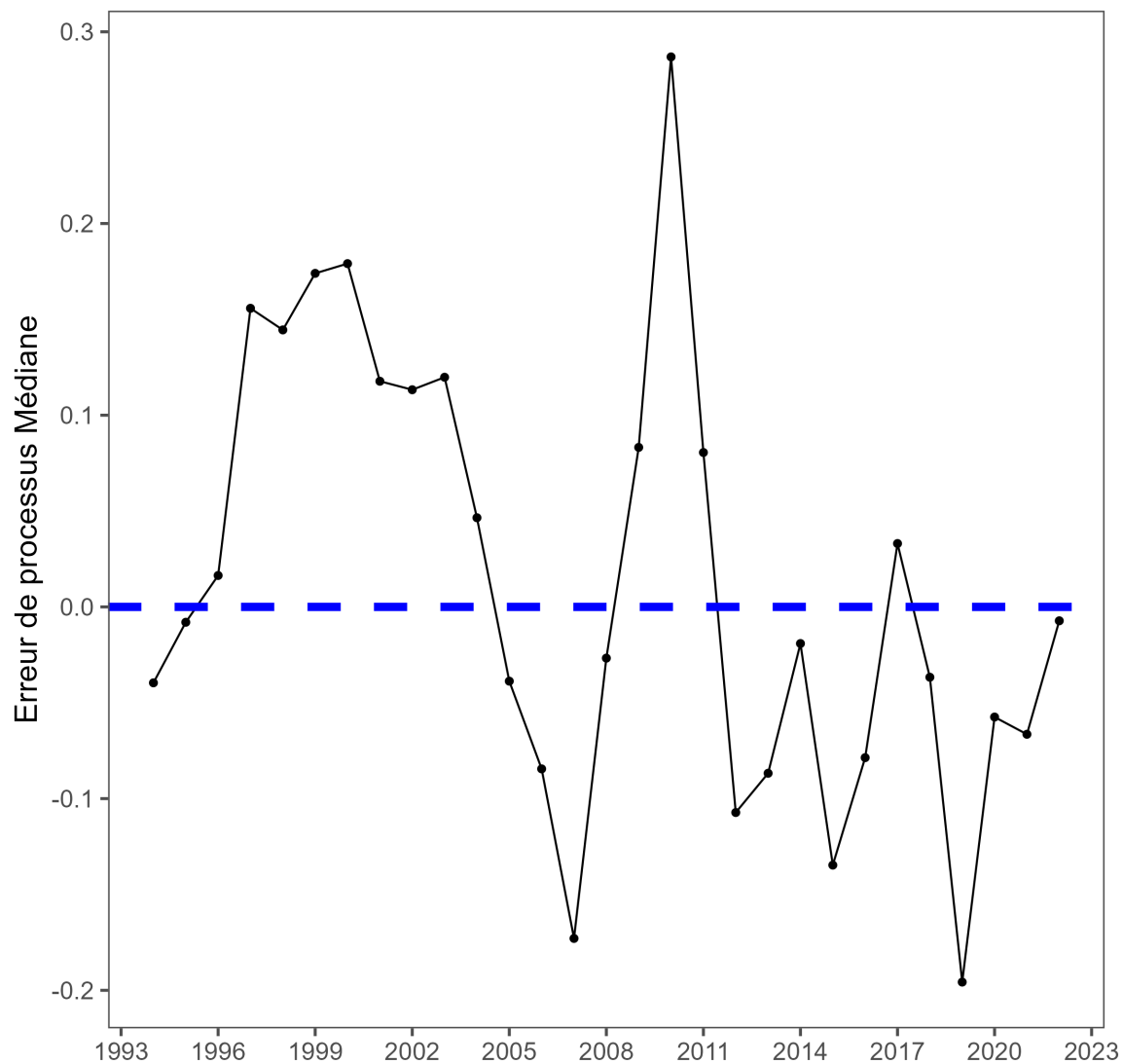


Figure 47 : Erreur de processus annuelle médiane du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A (échelle logarithmique).

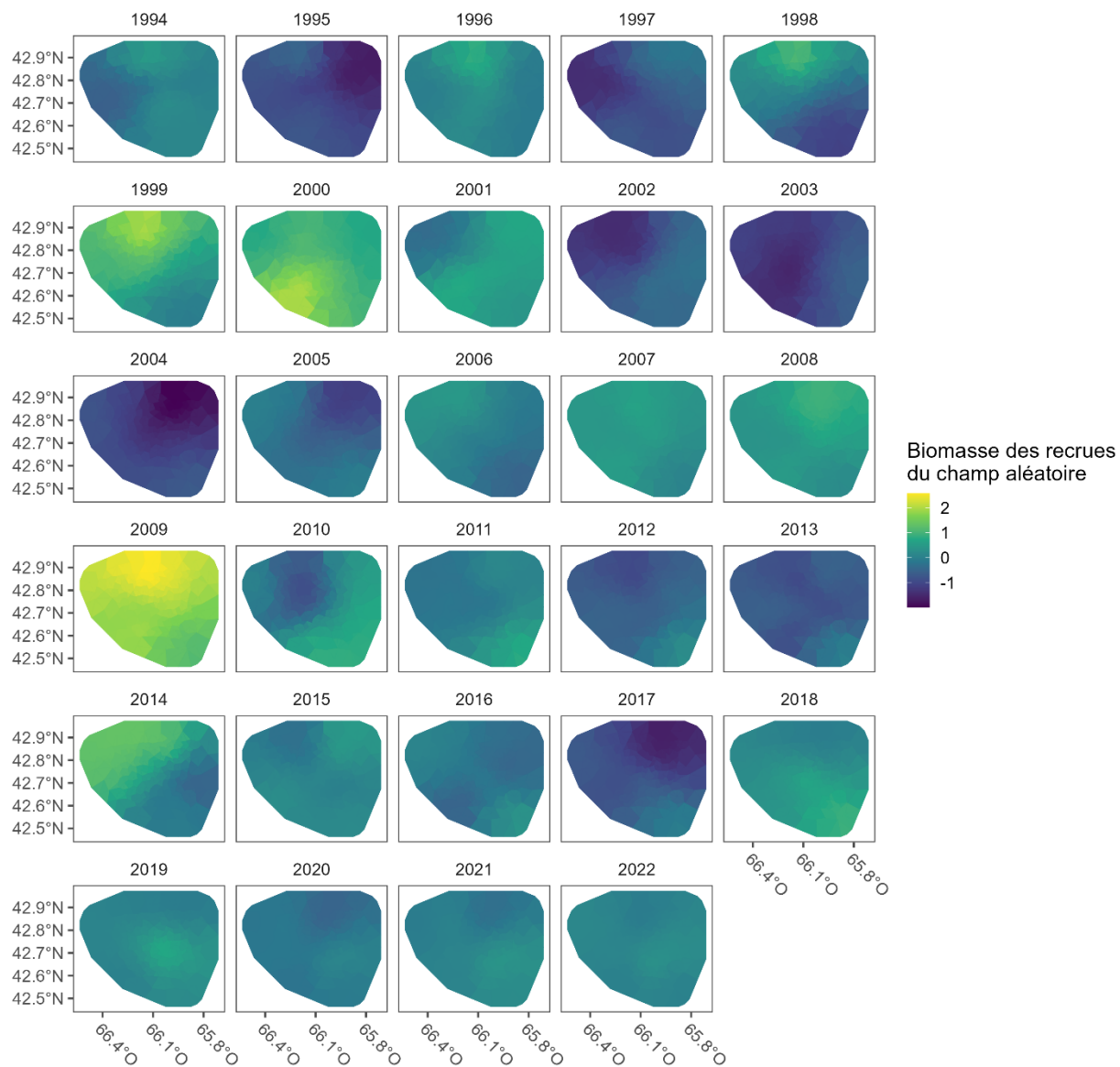


Figure 48 : Champ aléatoire annuel du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la biomasse des recrues dans la zone de pêche du pétoncle 26A (échelle logarithmique).

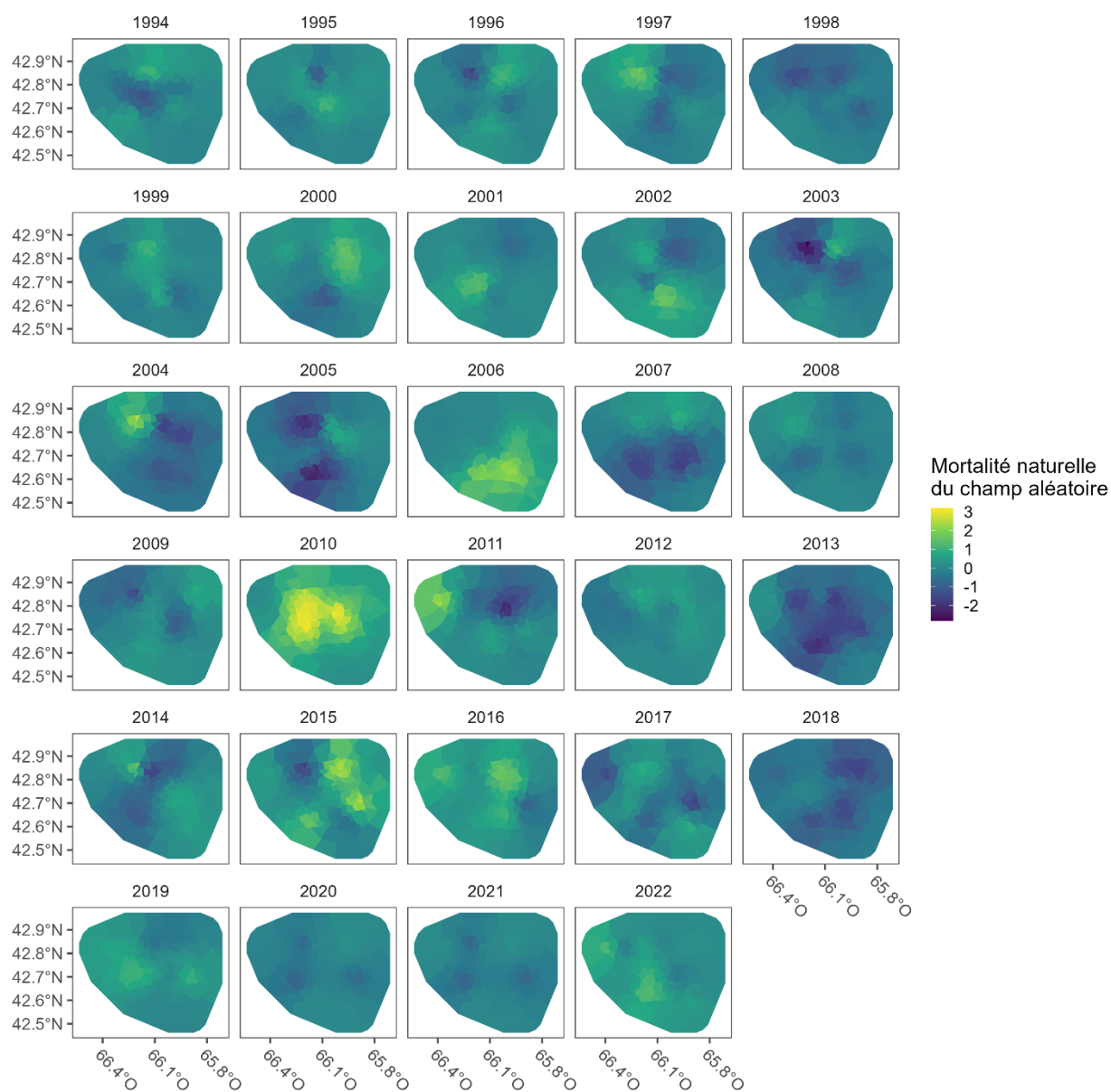


Figure 49 : Champ aléatoire annuel du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la mortalité naturelle dans la zone de pêche du pétoncle 26A (échelle logarithmique).

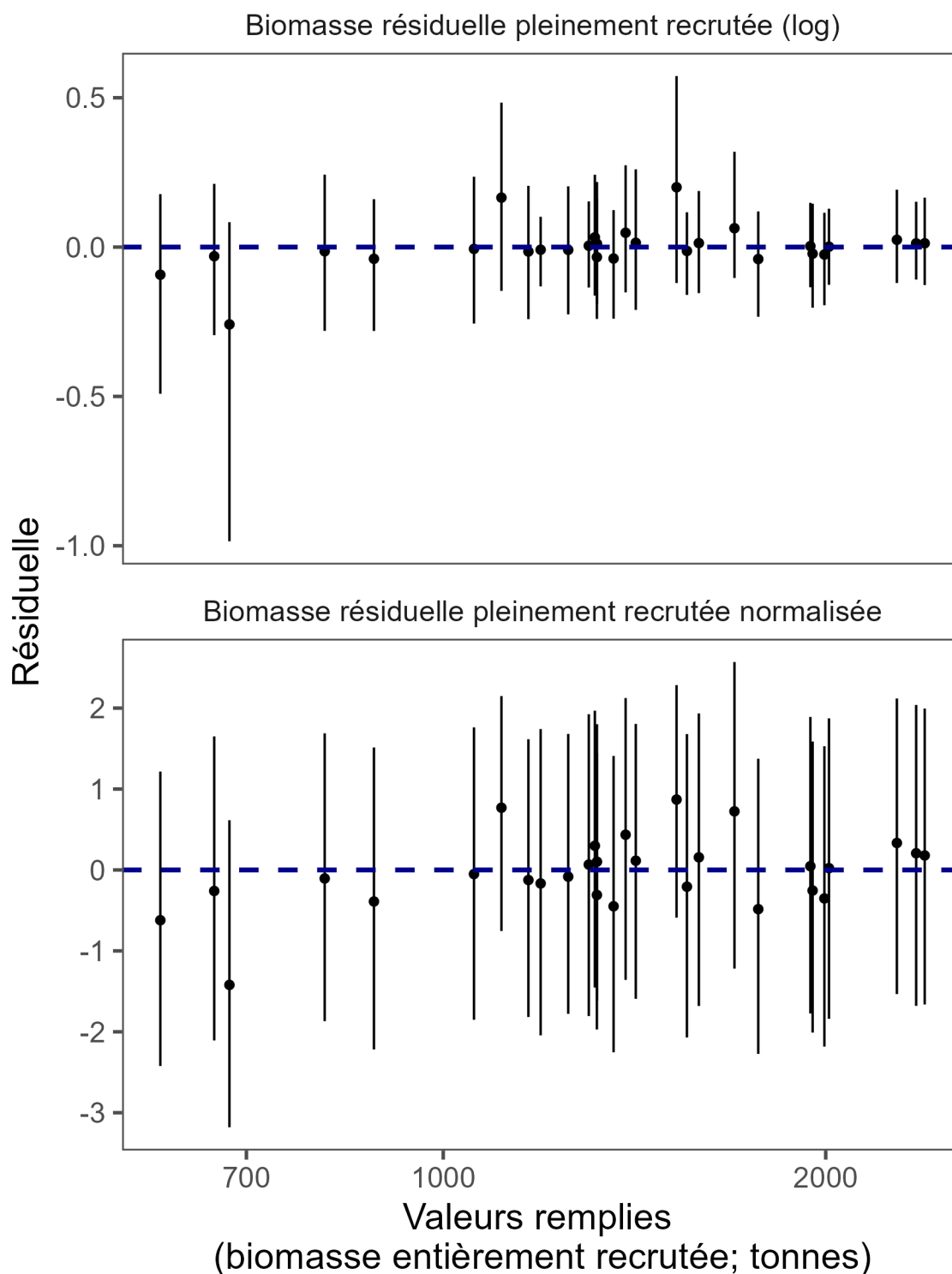


Figure 50 : Résidus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle bayésien état-espace non spatial dans la zone de pêche du pétoncle 25A par rapport aux valeurs ajustées; le panneau supérieur présente les valeurs brutes (échelle logarithmique) et le panneau inférieur les valeurs normalisées. Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

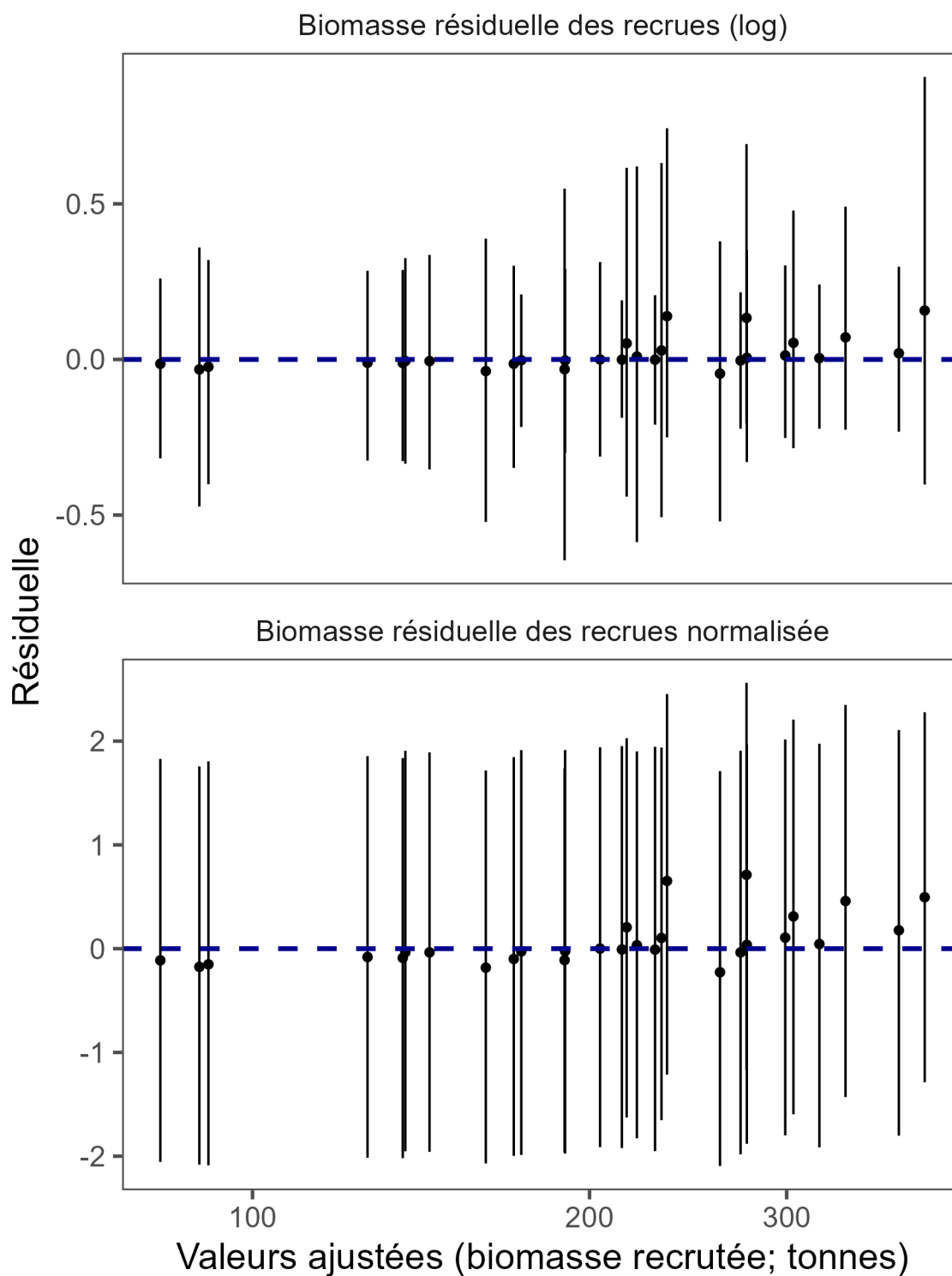


Figure 51 : Résidus de la biomasse des recrues du modèle bayésien état-espace non spatial dans la zone de pêche du pétoncle 25A par rapport aux valeurs ajustées; le panneau supérieur présente les valeurs brutes (échelle logarithmique) et le panneau inférieur les valeurs normalisées. Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

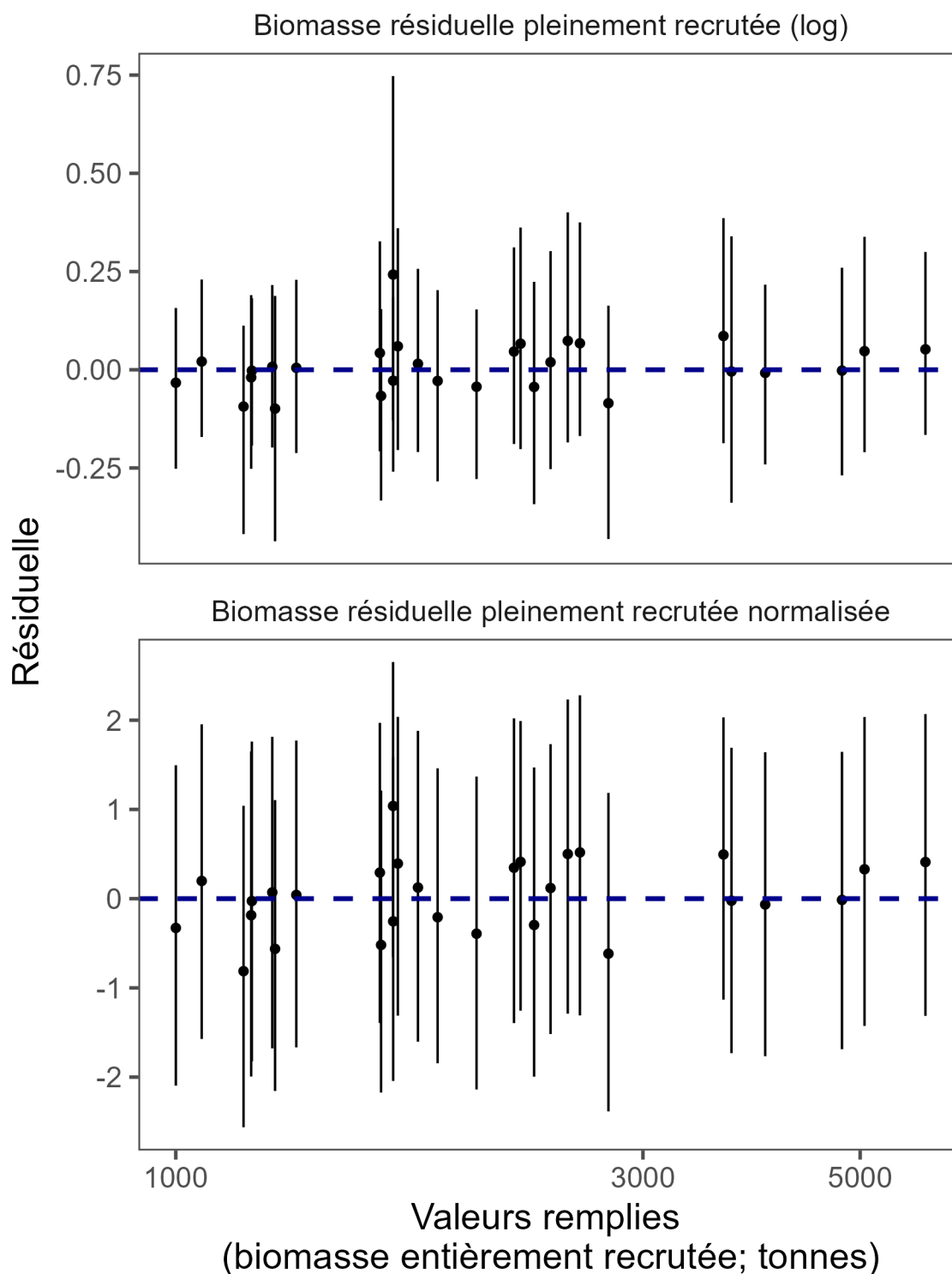


Figure 52 : Résidus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés du modèle bayésien état-espace non spatial dans la zone de pêche du pétoncle 26A par rapport aux valeurs ajustées; le panneau supérieur présente les valeurs brutes (échelle logarithmique) et le panneau inférieur les valeurs normalisées. Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

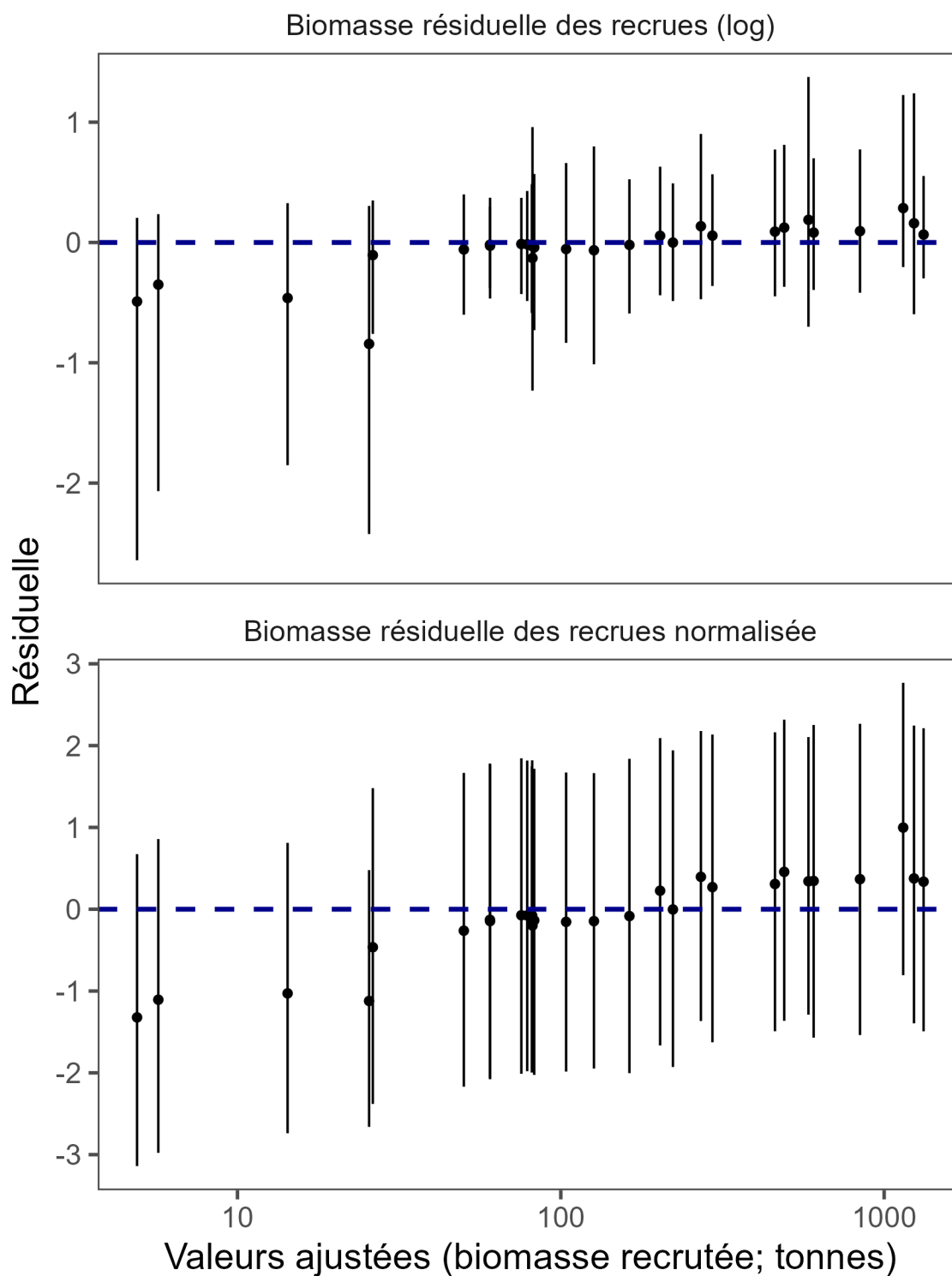


Figure 53 : Résidus de la biomasse des recrues du modèle bayésien état-espace non spatial dans la zone de pêche du pétoncle 26A par rapport aux valeurs ajustées; le panneau supérieur présente les valeurs brutes (échelle logarithmique) et le panneau inférieur les valeurs normalisées. Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

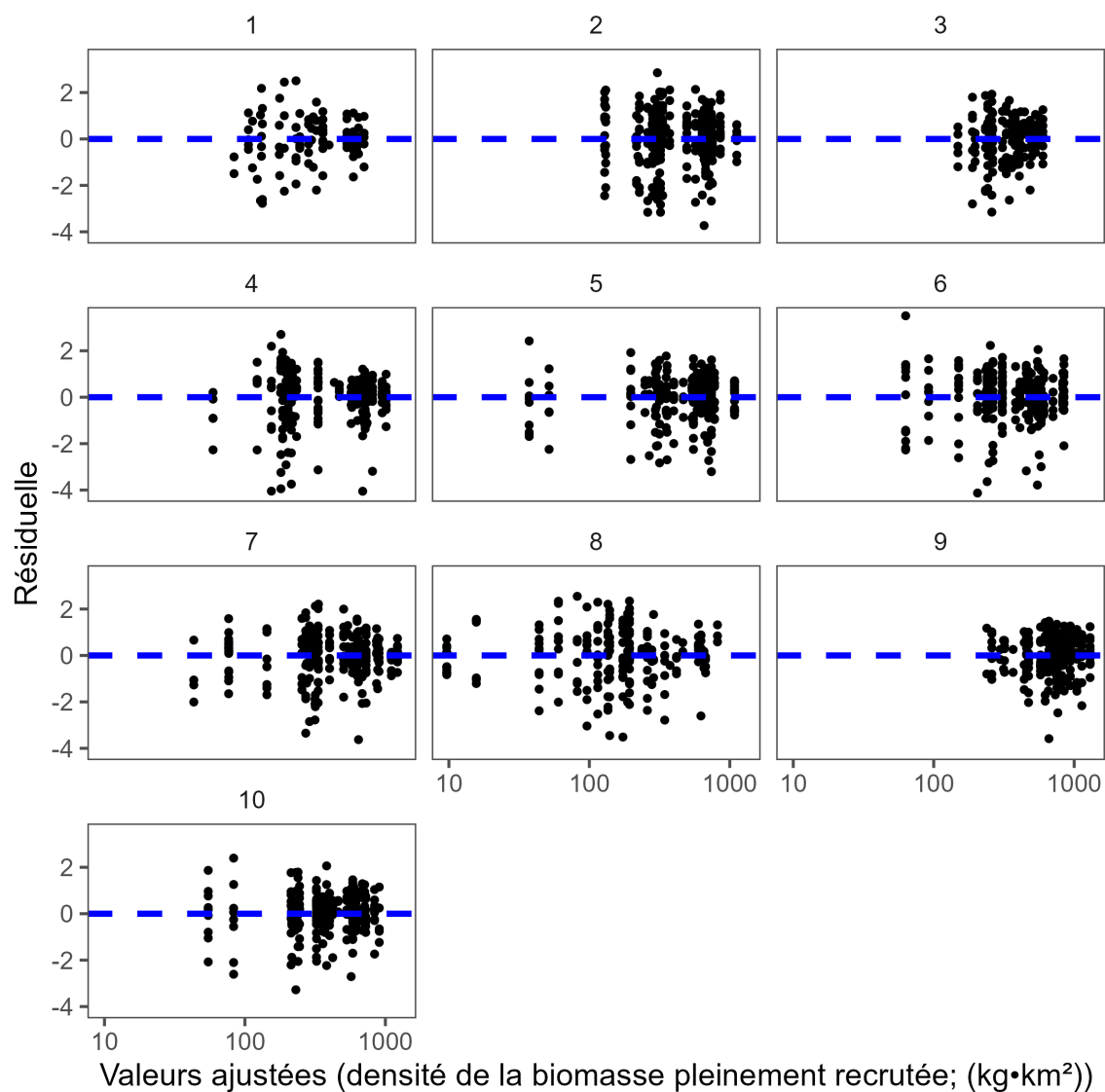


Figure 54 : Résidus normalisés de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la zone de pêche du pétoncle 25A par rapport aux valeurs ajustées ($\frac{kg}{km^2}$) à chaque nœud (modèle d'évaluation spatialement explicite). Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

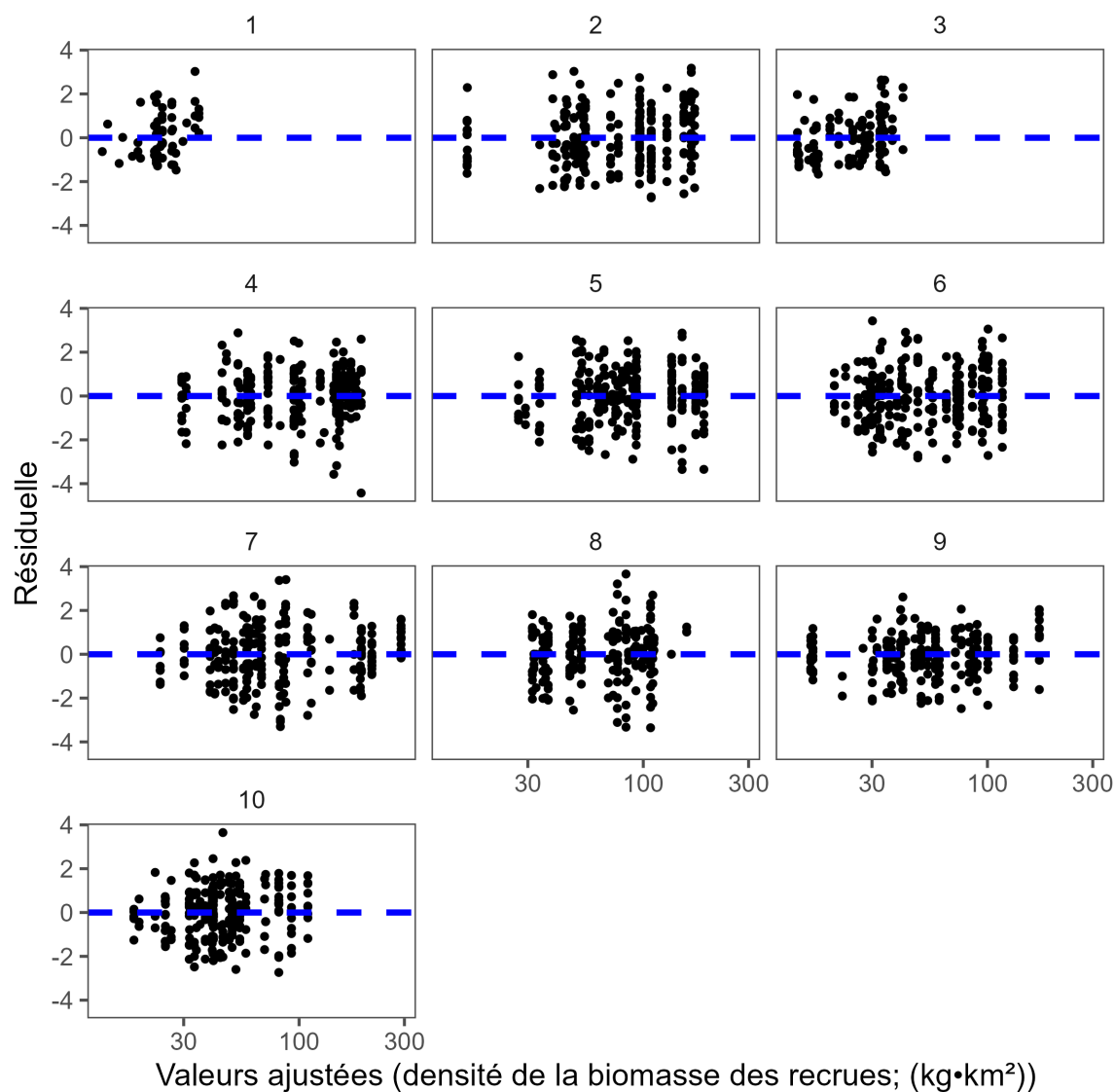


Figure 55 : Résidus normalisés de la biomasse des recrues dans la zone de pêche du pétoncle 25A par rapport aux valeurs ajustées ($\frac{kg}{km^2}$) à chaque nœud (modèle d'évaluation spatialement explicite). Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

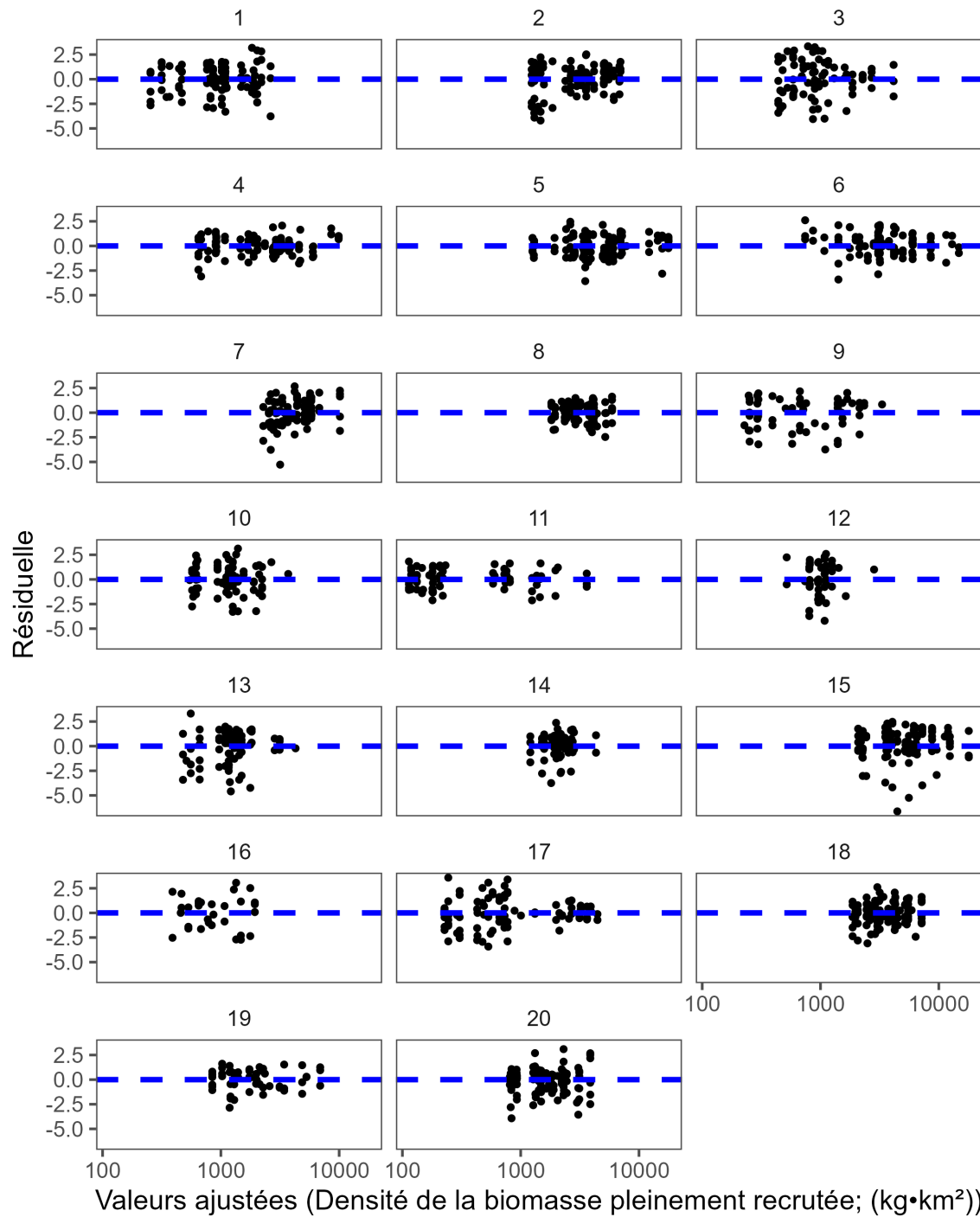


Figure 56 : Résidus normalisés de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la zone de pêche du pétoncle 26A par rapport aux valeurs ajustées ($\frac{kg}{km^2}$) à chaque nœud (modèle d'évaluation spatialement explicite). Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

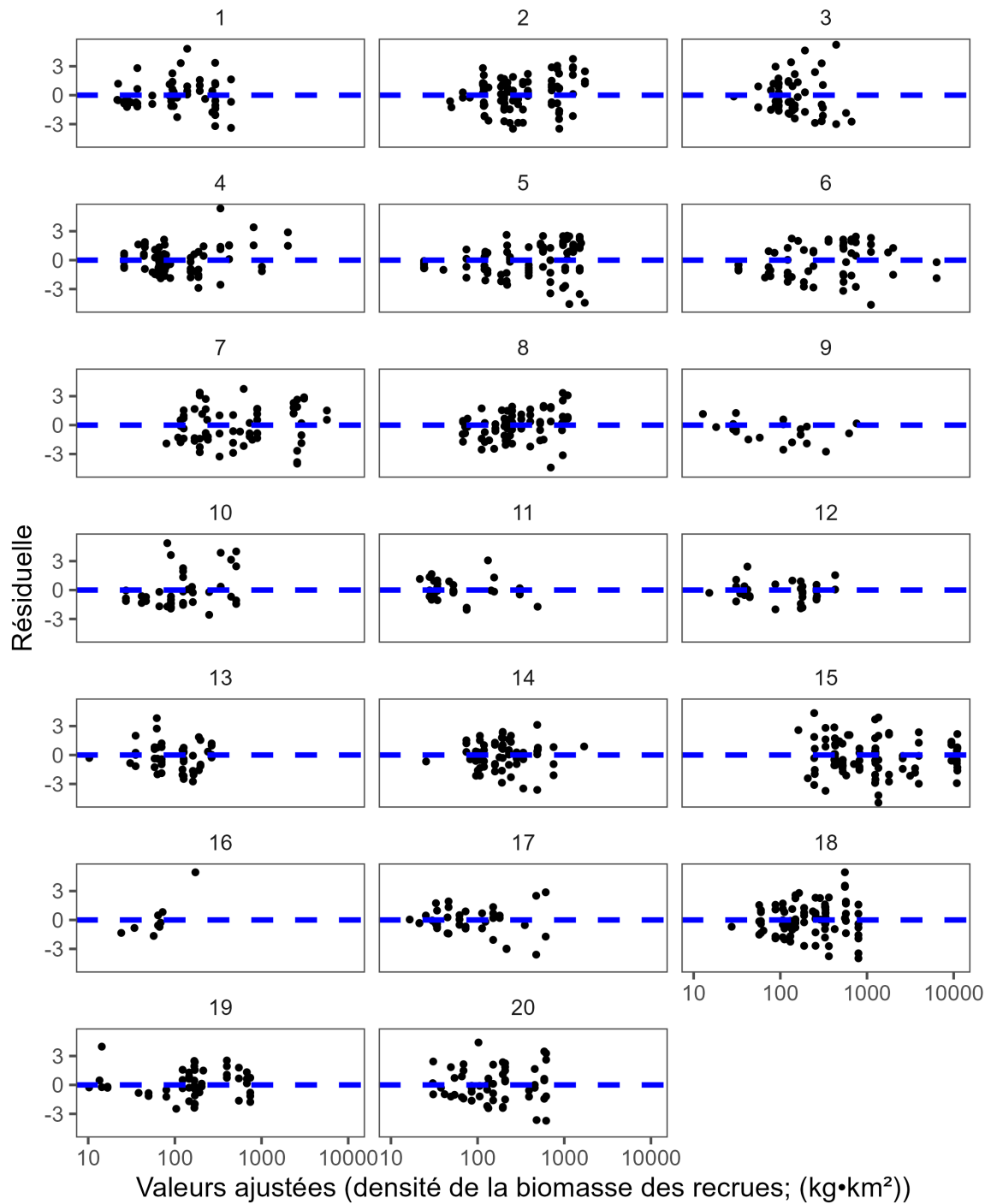


Figure 57 : Résidus normalisés de la biomasse des recrues dans la zone de pêche du pétoncle 26A par rapport aux valeurs ajustées ($\frac{\text{kg}}{\text{km}^2}$) à chaque nœud (modèle d'évaluation spatialement explicite). Veuillez noter que l'espacement sur l'axe des x utilise une échelle logarithmique.

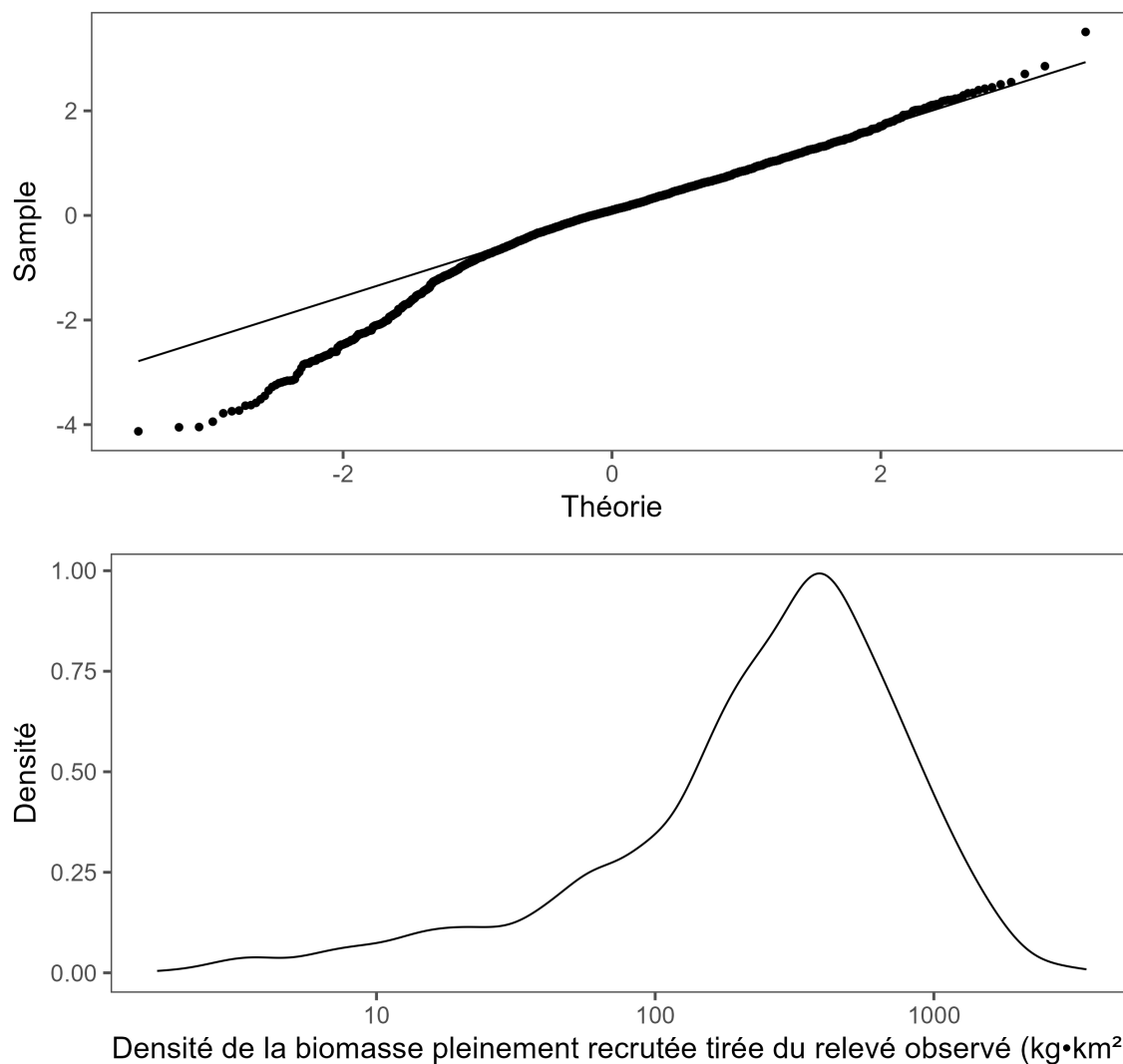


Figure 58 : Modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 25A; le panneau supérieur est le diagramme quantile des résidus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la ligne représentant la valeur attendue du résidu s'il était réparti normalement (échelle logarithmique). Le panneau inférieur est le diagramme de densité montrant la répartition de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés observée dans le relevé.

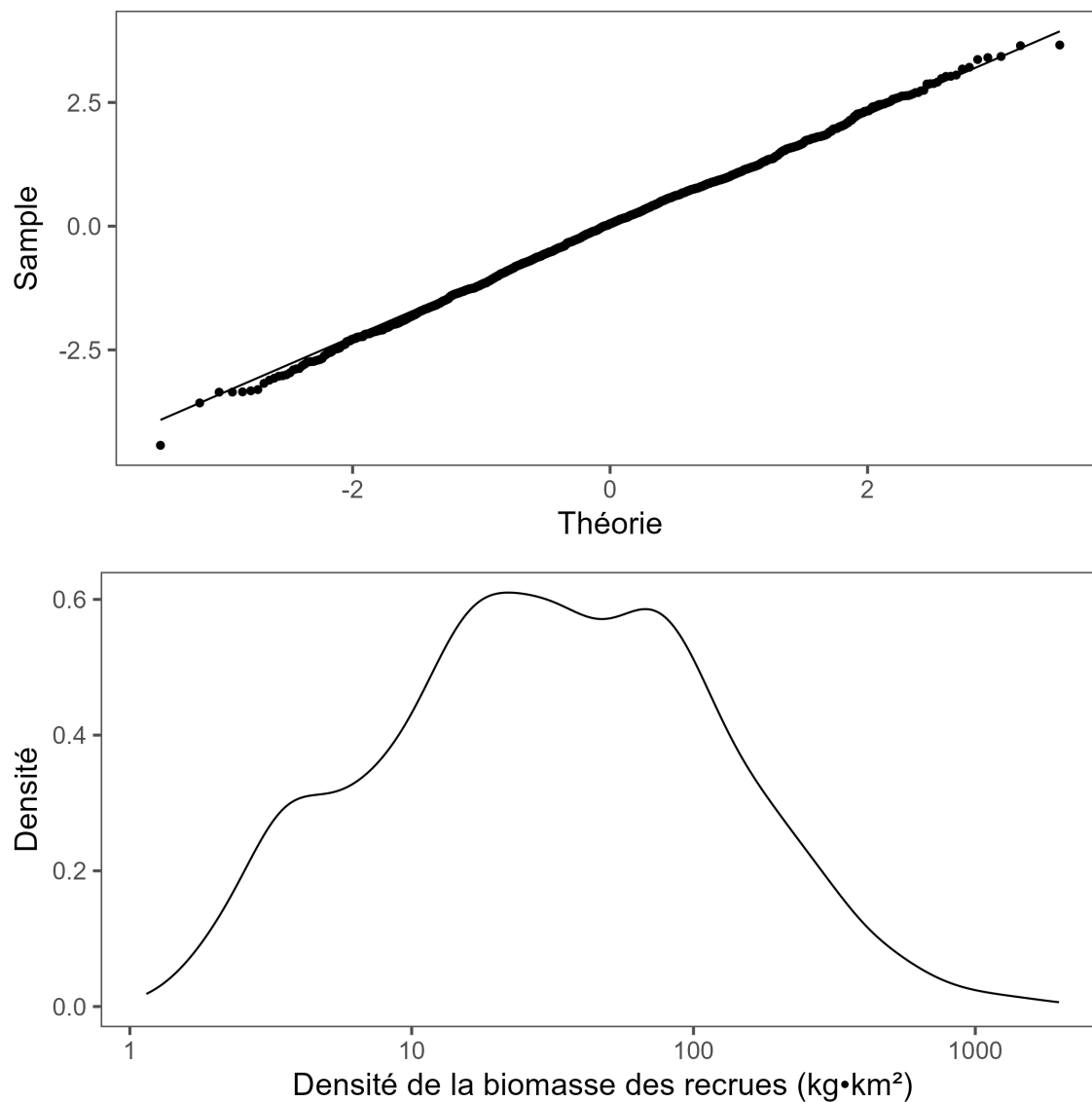


Figure 59 : Modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 25A; le panneau supérieur est le diagramme quantile des résidus de la biomasse des recrues, la ligne représentant la valeur attendue d'une observation si elle est répartie normalement (échelle logarithmique). Le panneau inférieur est le diagramme de densité montrant la répartition de la biomasse des recrues observée dans le relevé.

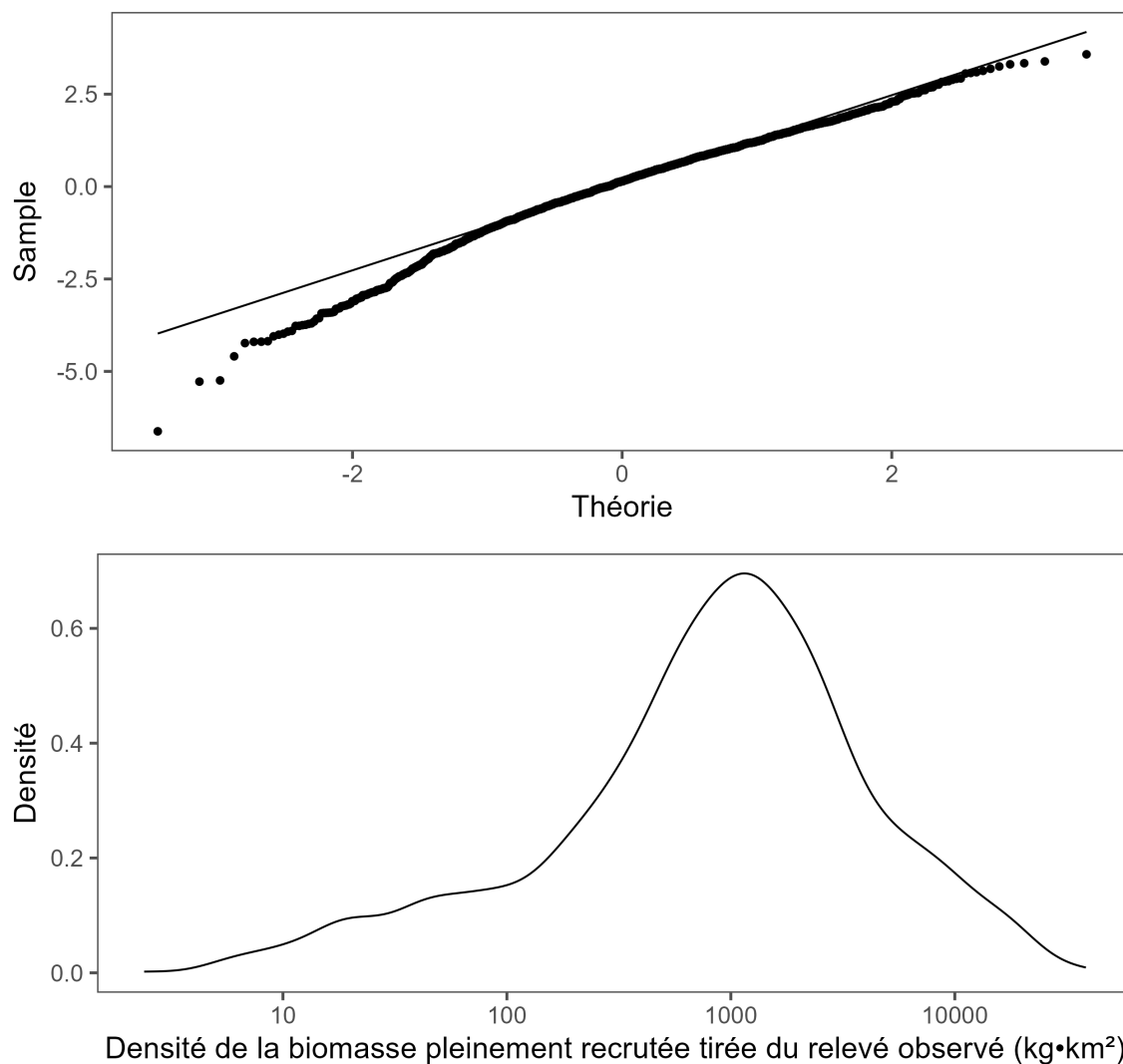


Figure 60 : Modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 26A; le panneau supérieur est le diagramme quantile des résidus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés, la ligne représentant la valeur attendue du résidu s'il était réparti normalement (échelle logarithmique). Le panneau inférieur est le diagramme de densité montrant la répartition de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés observée dans le relevé.

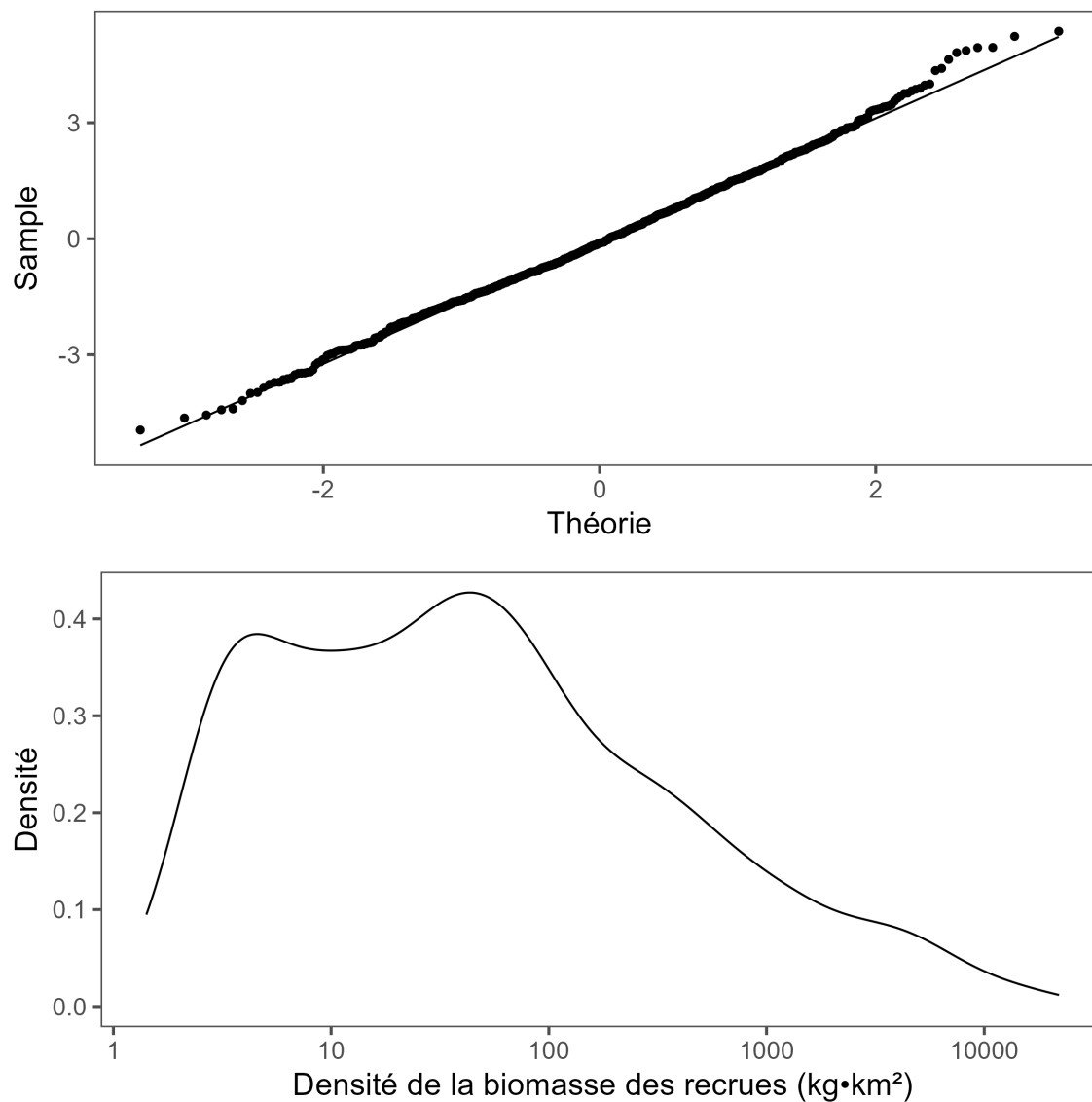


Figure 61 : Modèle d'évaluation spatialement explicite de la zone de pêche du pétoncle 26A; le panneau supérieur est le diagramme quantile des résidus de la biomasse des recrues, la ligne représentant la valeur attendue du résidu s'il était réparti normalement (échelle logarithmique). Le panneau inférieur est le diagramme de densité montrant la répartition de la biomasse des recrues observée dans le relevé.

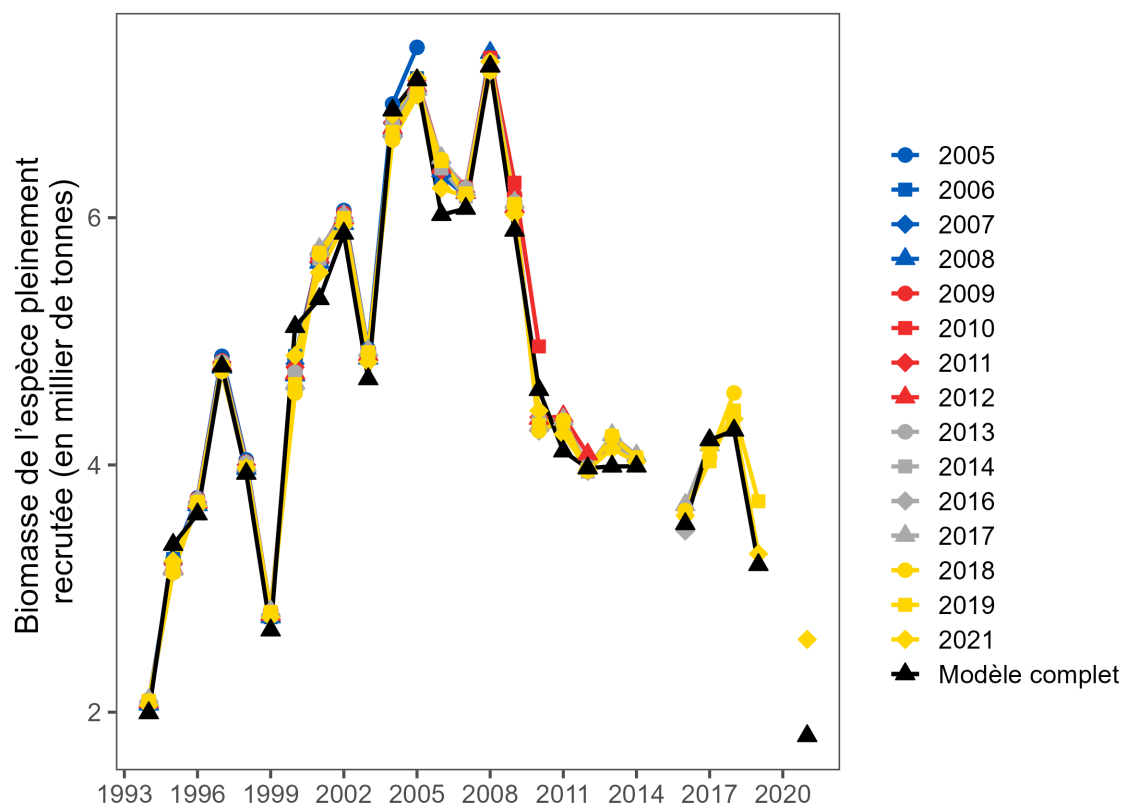


Figure 62 : Série chronologique rétrospective de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La biomasse des pétoncles pleinement recrutés rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

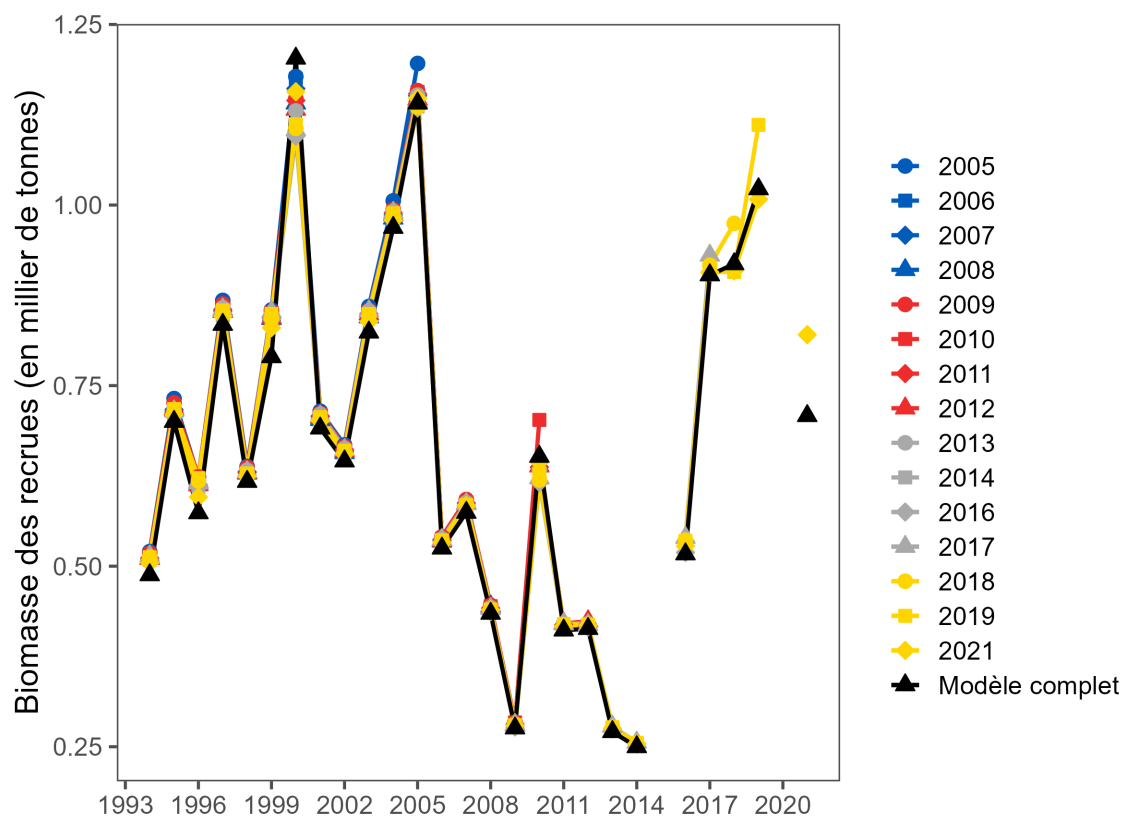


Figure 63 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de l'analyse rétrospective du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La biomasse des recrues de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

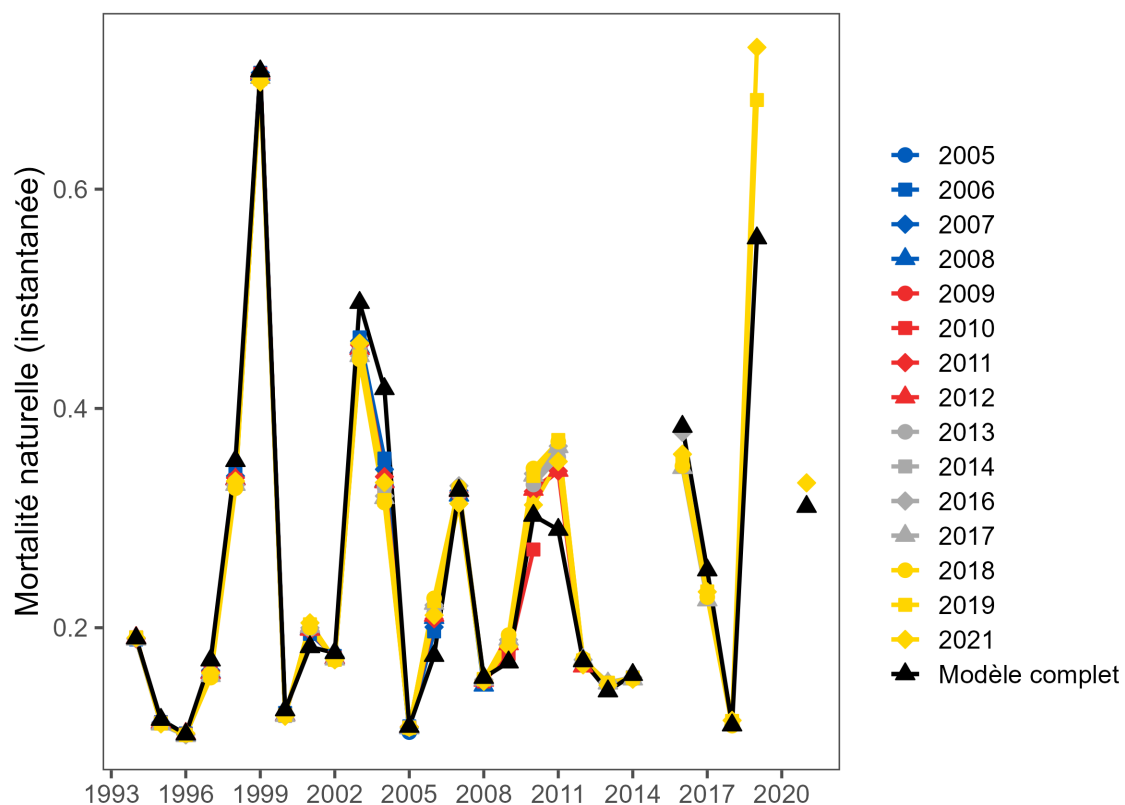


Figure 64 : Analyse rétrospective de la mortalité naturelle du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La mortalité naturelle de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005    2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

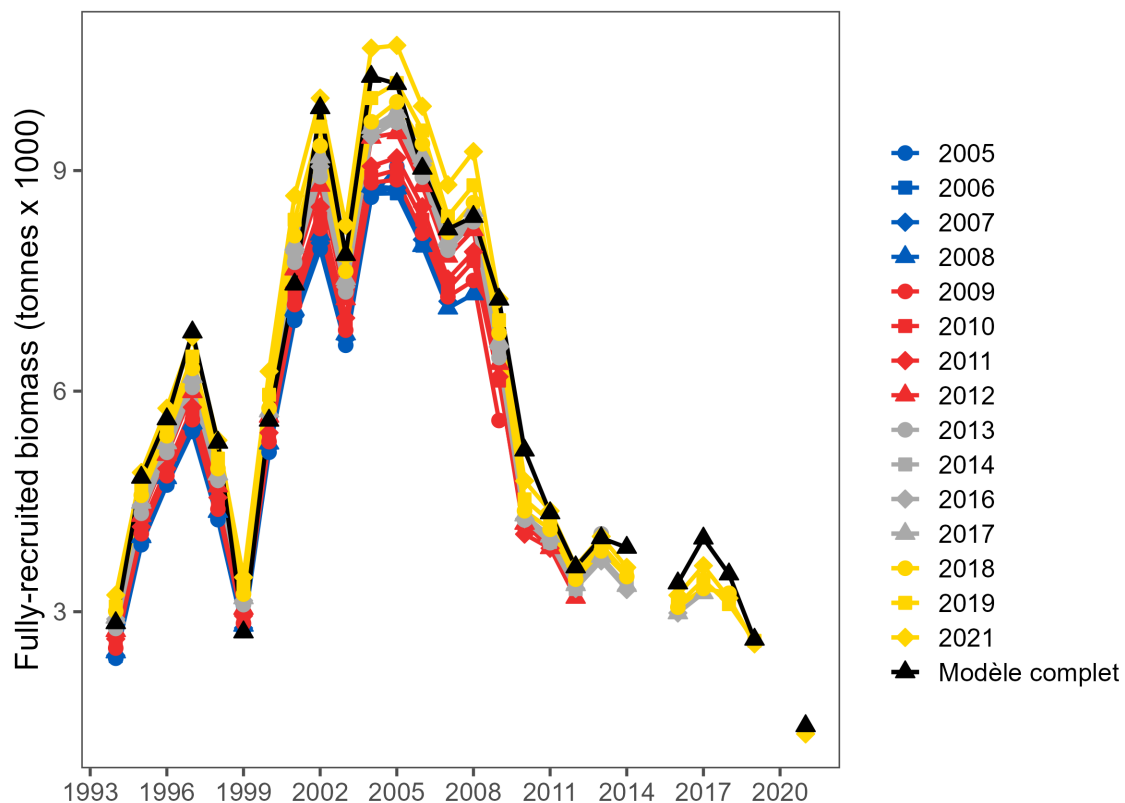


Figure 65 : Série chronologique rétrospective de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La biomasse rétrospective des pétoncles pleinement recrutés a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

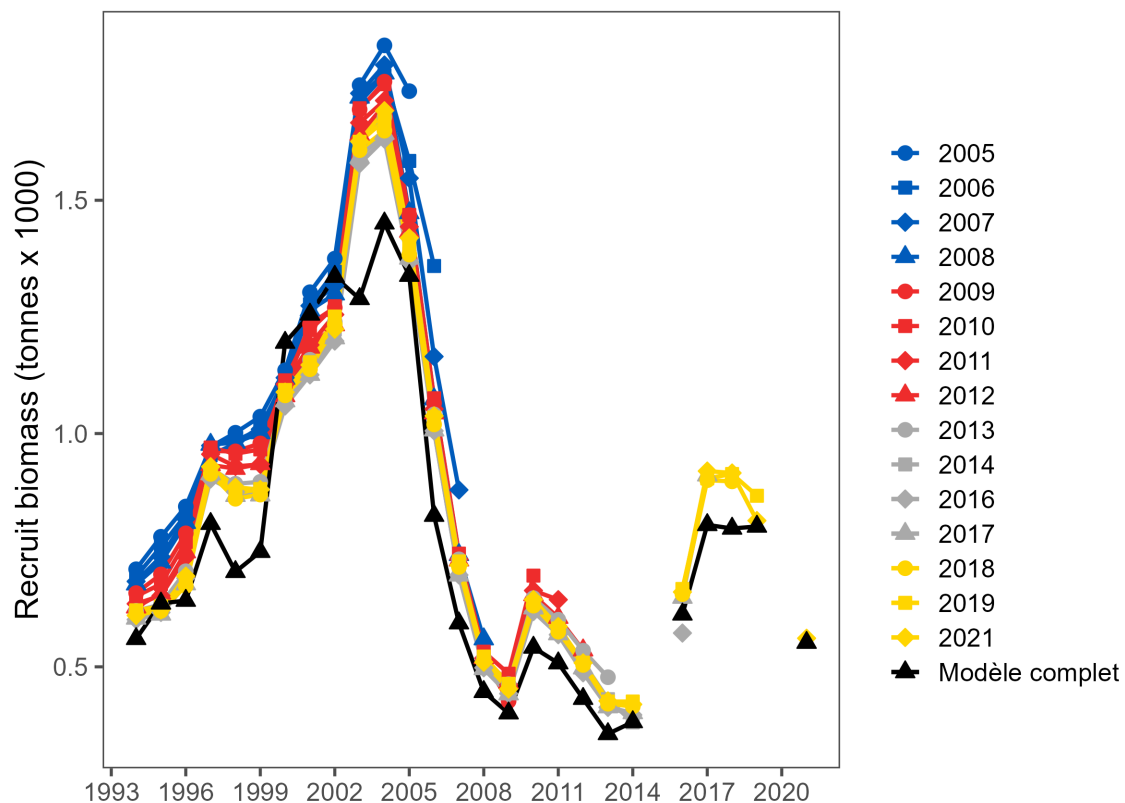


Figure 66 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de l'analyse rétrospective du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La biomasse des recrues de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

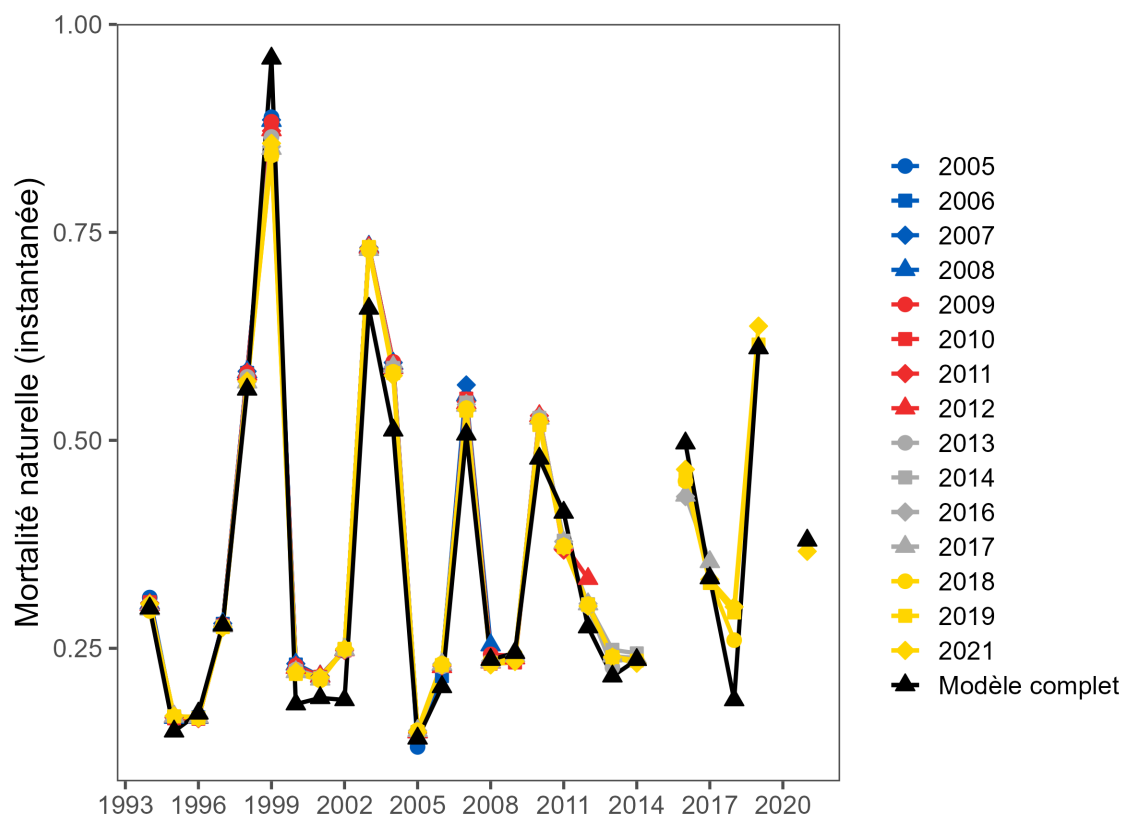


Figure 67 : Analyse rétrospective de la mortalité naturelle du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 25A. La mortalité naturelle de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005    2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

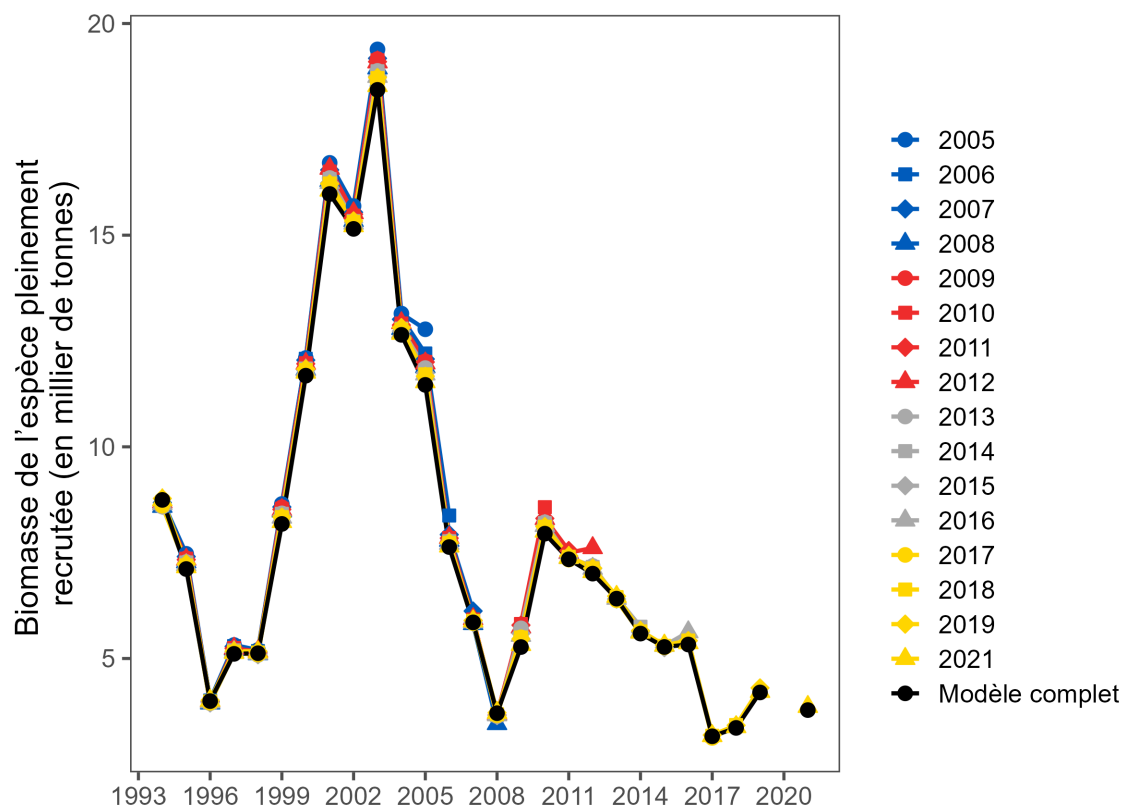


Figure 68 : Série chronologique rétrospective de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La biomasse rétrospective des pétoncles pleinement recrutés a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

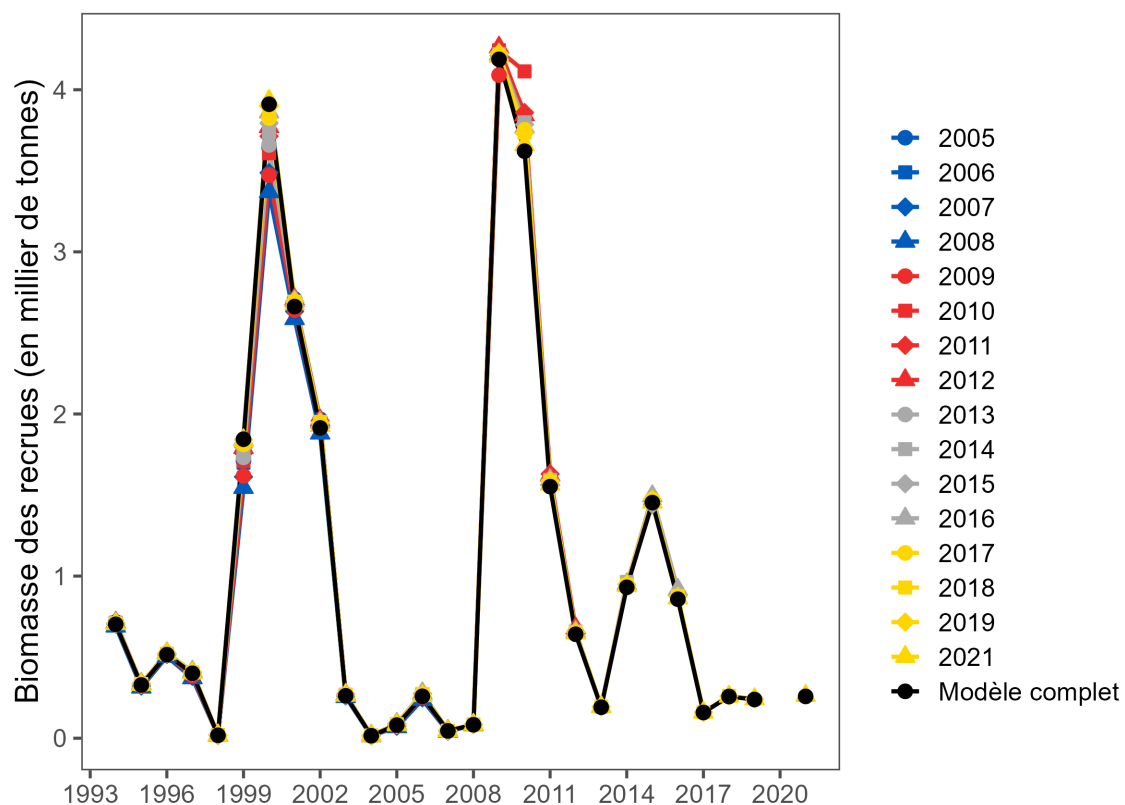


Figure 69 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de l'analyse rétrospective du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La biomasse des recrues de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

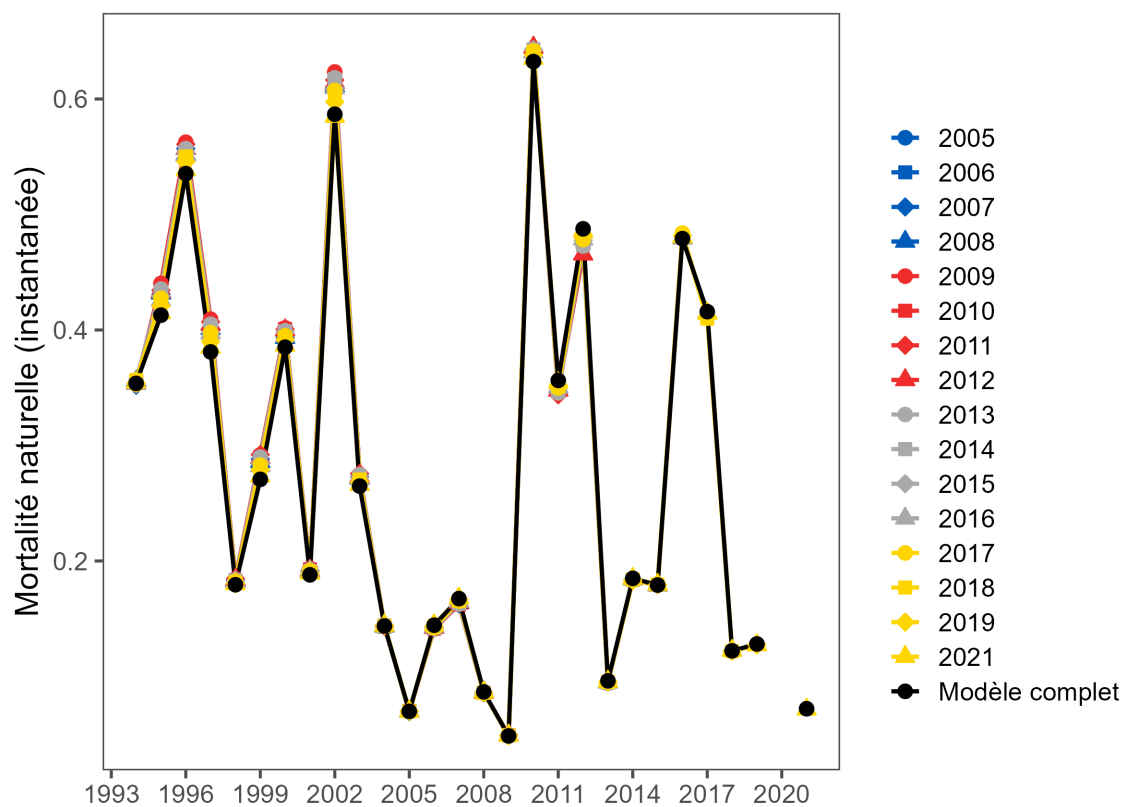


Figure 70 : Analyse rétrospective de la mortalité naturelle du modèle bayésien état-espace non spatial pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La mortalité naturelle de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005    2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

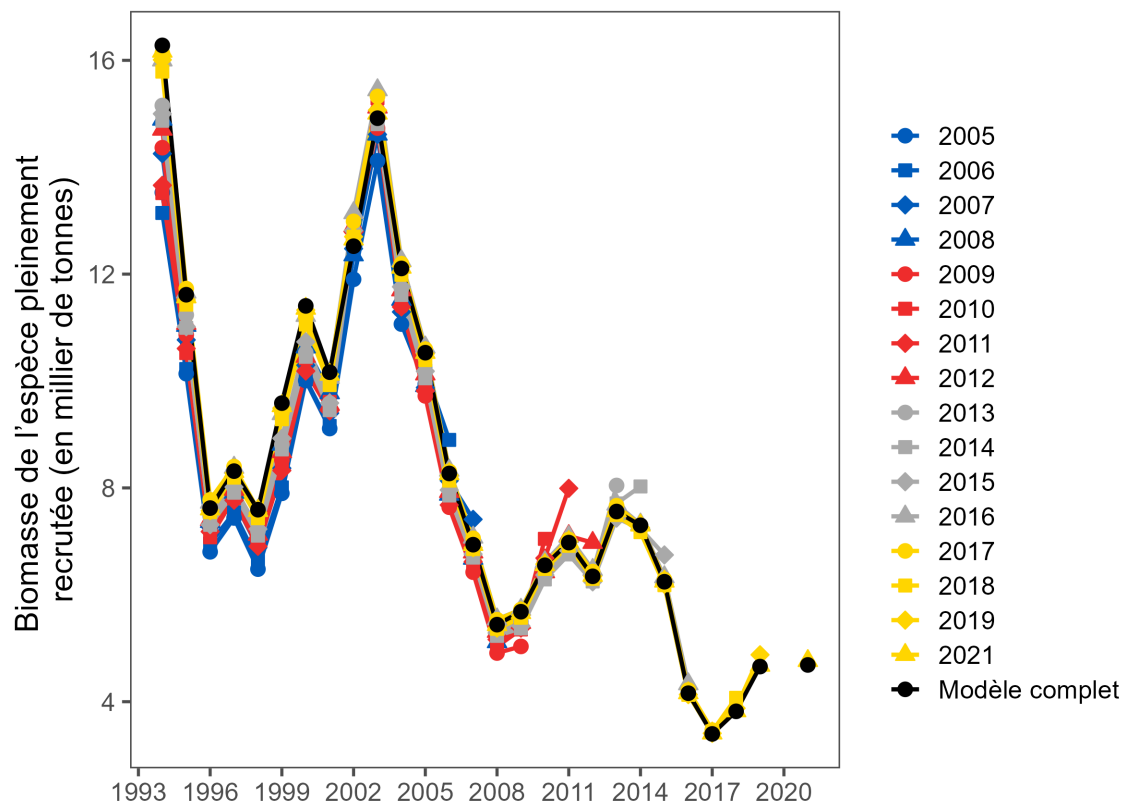


Figure 71 : Série chronologique rétrospective de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La biomasse rétrospective des pétoncles pleinement recrutés a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

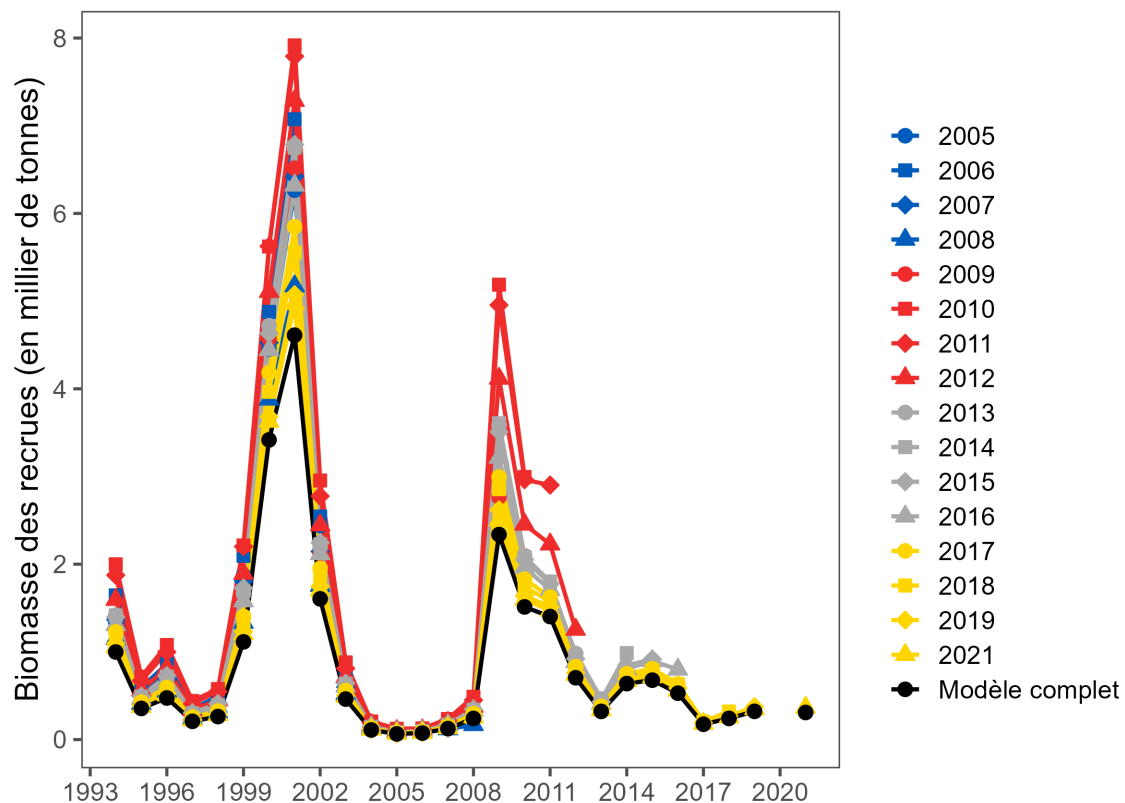


Figure 72 : Biomasse des recrues (kilotonnes) de l'analyse rétrospective du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La biomasse des recrues de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

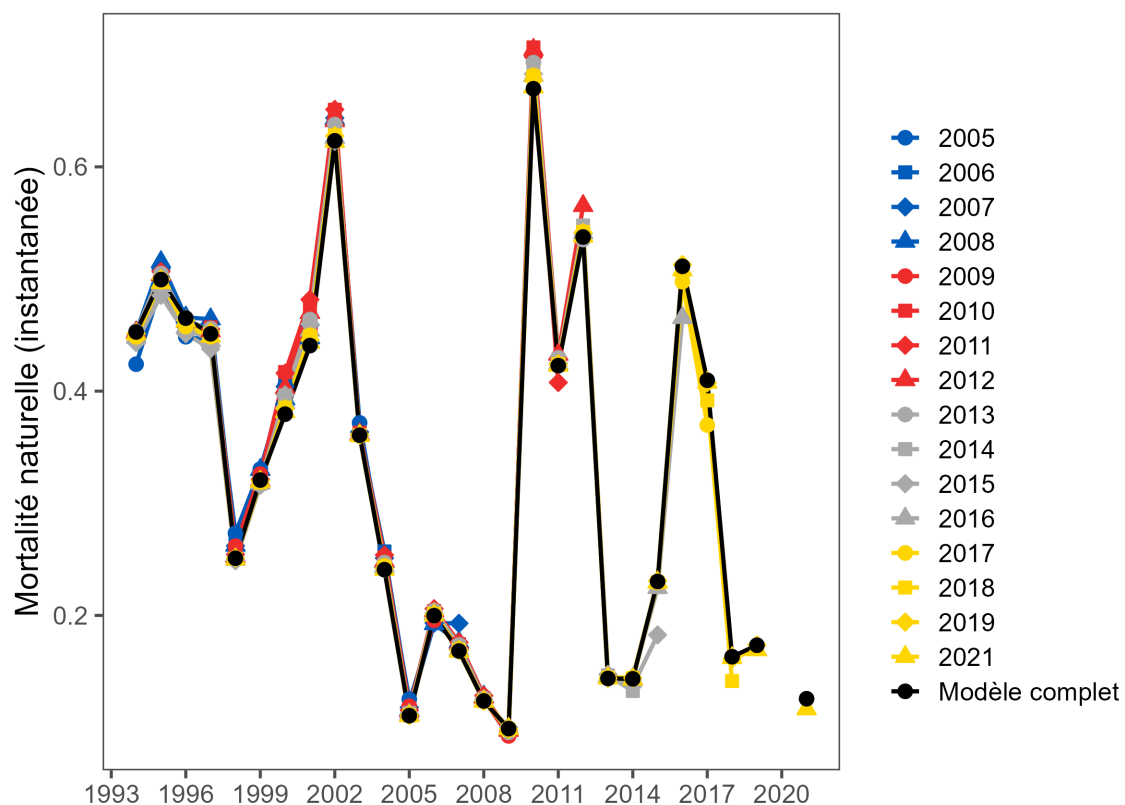


Figure 73 : Analyse rétrospective de la mortalité naturelle du modèle d'évaluation spatialement explicite pour la zone de pêche du pétoncle 26A. La mortalité naturelle de l'analyse rétrospective a été estimée à l'aide de modèles dont les années terminales s'étendent de 2005 à 2021. Le modèle complet représente l'ajustement du modèle de 1994 à 2022.

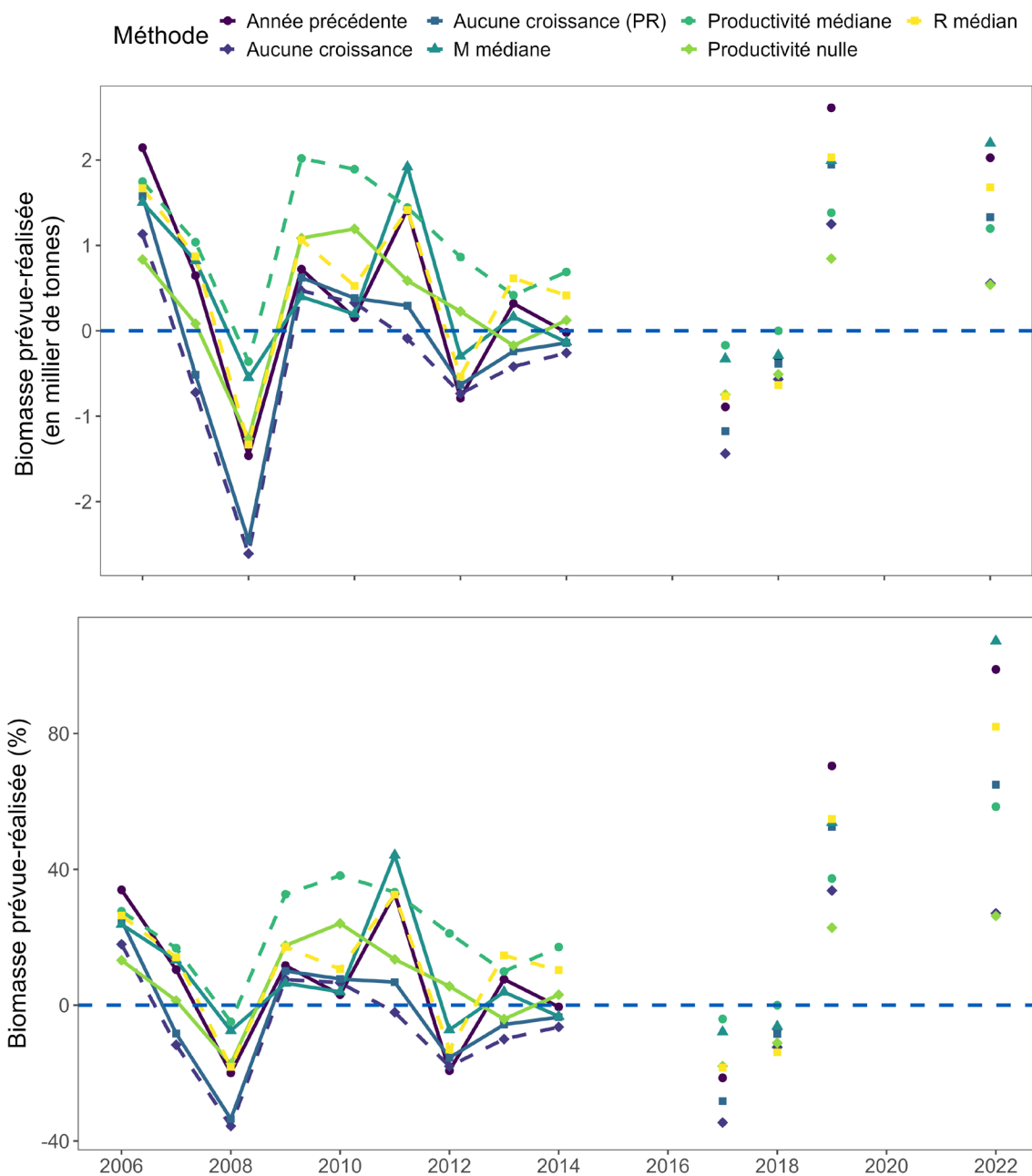


Figure 74 : Différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 25A (modèle bayésien état-espace non spatial), mesurée à l'aide de sept méthodes différentes. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, et des valeurs positives (négatives) signifient que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence en kilotonnes, tandis que le panneau inférieur affiche la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. Aucune comparaison n'a pu être effectuée en 2015, 2016, 2020 et 2021 en raison de l'absence de données de relevé en 2015 et 2020. FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

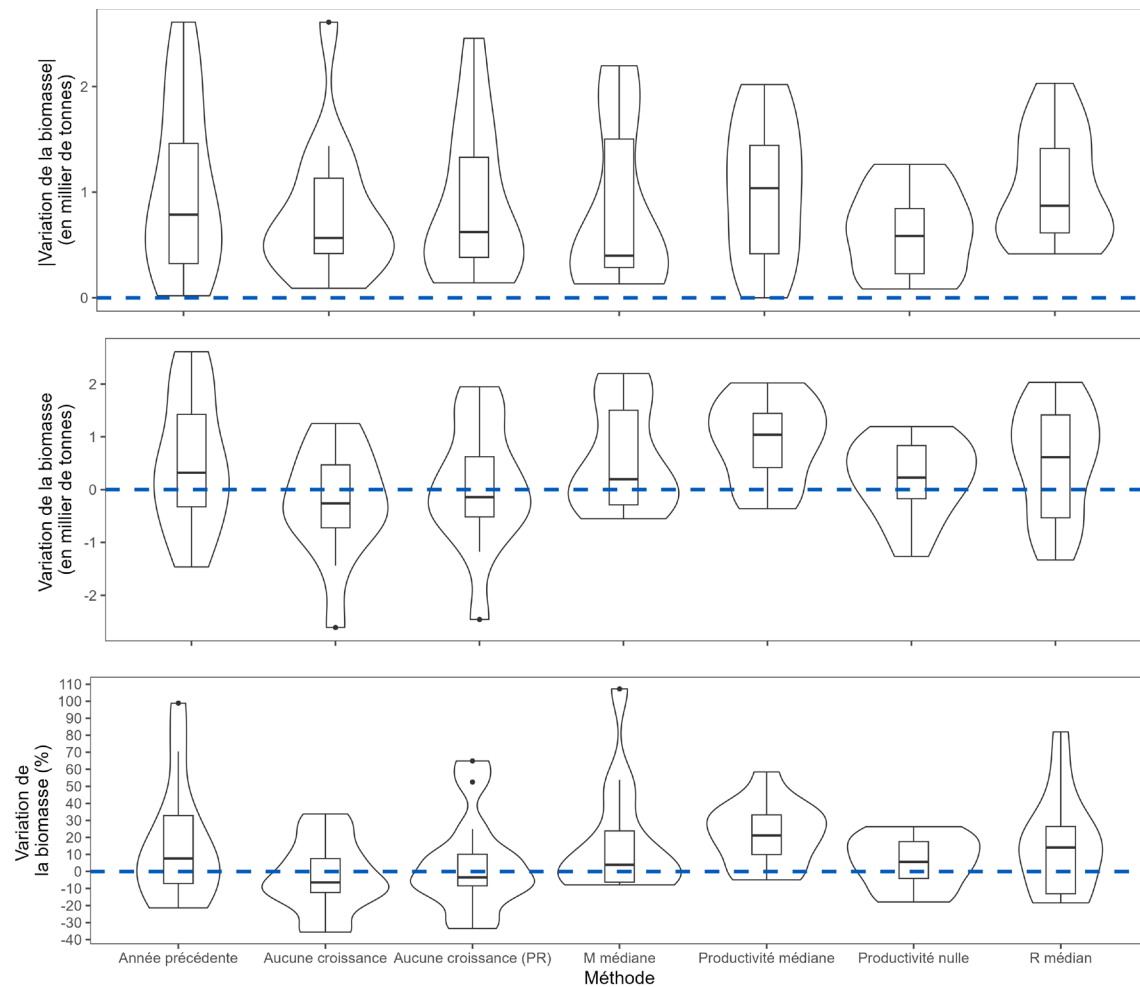


Figure 75 : Diagrammes en violon affichant la différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 25A (modèle bayésien état-espace non spatial), mesurée à l'aide de sept méthodes différentes. La largeur du violon représente la quantité relative de données. À l'intérieur des violons, les lignes horizontales dans les boîtes à moustaches représentent les quantiles à 25 %, 50 % et 75 %, les moustaches représentent les données qui s'étendent sur 1,5 fois l'intervalle interquartile et les points représentent les valeurs aberrantes qui sont en dehors de l'intervalle précisé pour les moustaches. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, et des valeurs positives (négatives) signifient que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence absolue en kilotonnes, le panneau central la différence en kilotonnes et le panneau inférieur la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

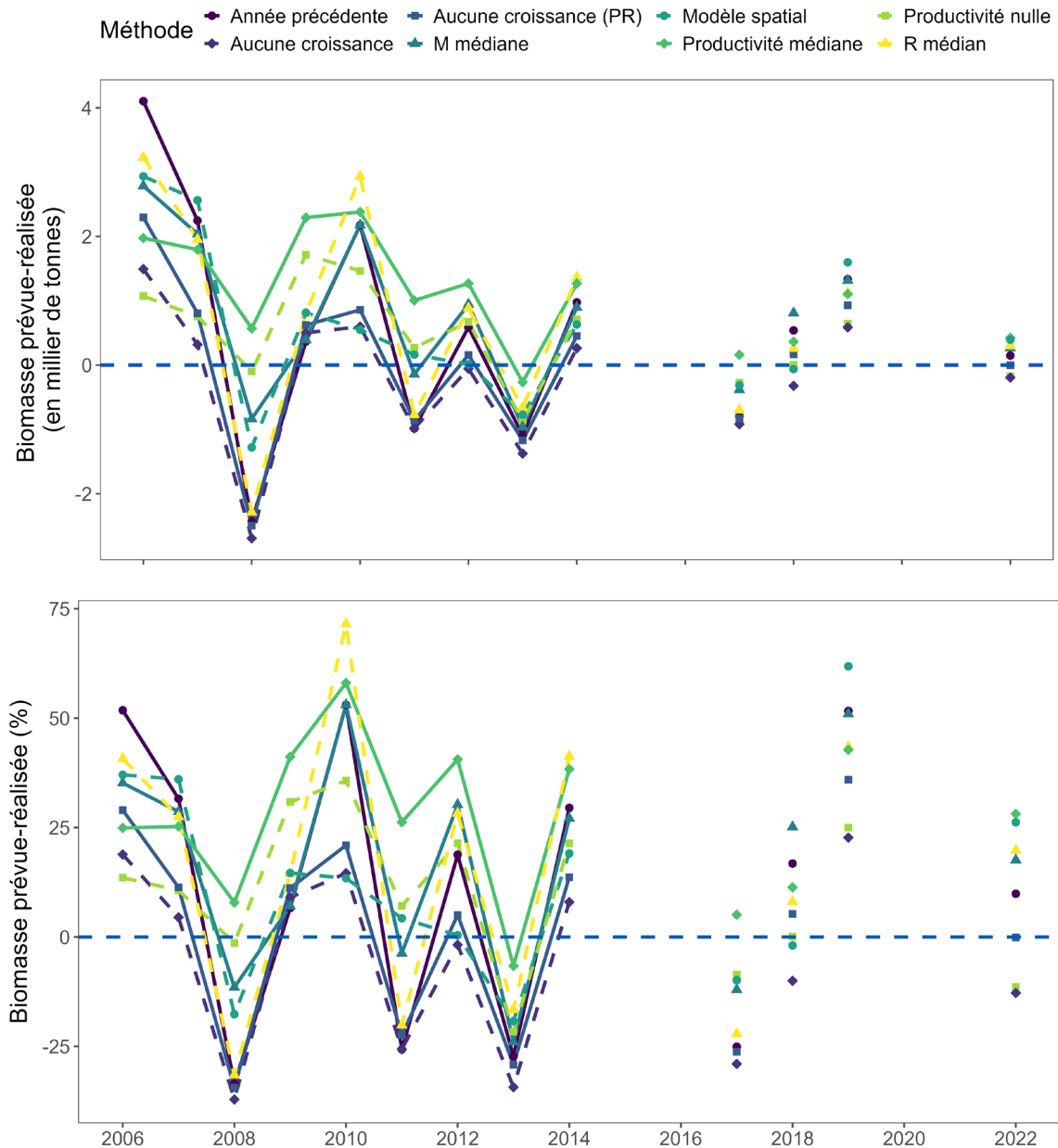


Figure 76 : Différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an de la zone de pêche du pétoncle 25A (modèle d'évaluation spatialement explicite). Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, des valeurs positives (négatives) signifient que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence en kilotonnes, tandis que le panneau inférieur affiche la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. Aucune comparaison n'a pu être effectuée en 2015, 2016, 2020 et 2021 en raison de l'absence de données de relevé en 2015 et 2020. R – recrutement, m – mortalité, FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

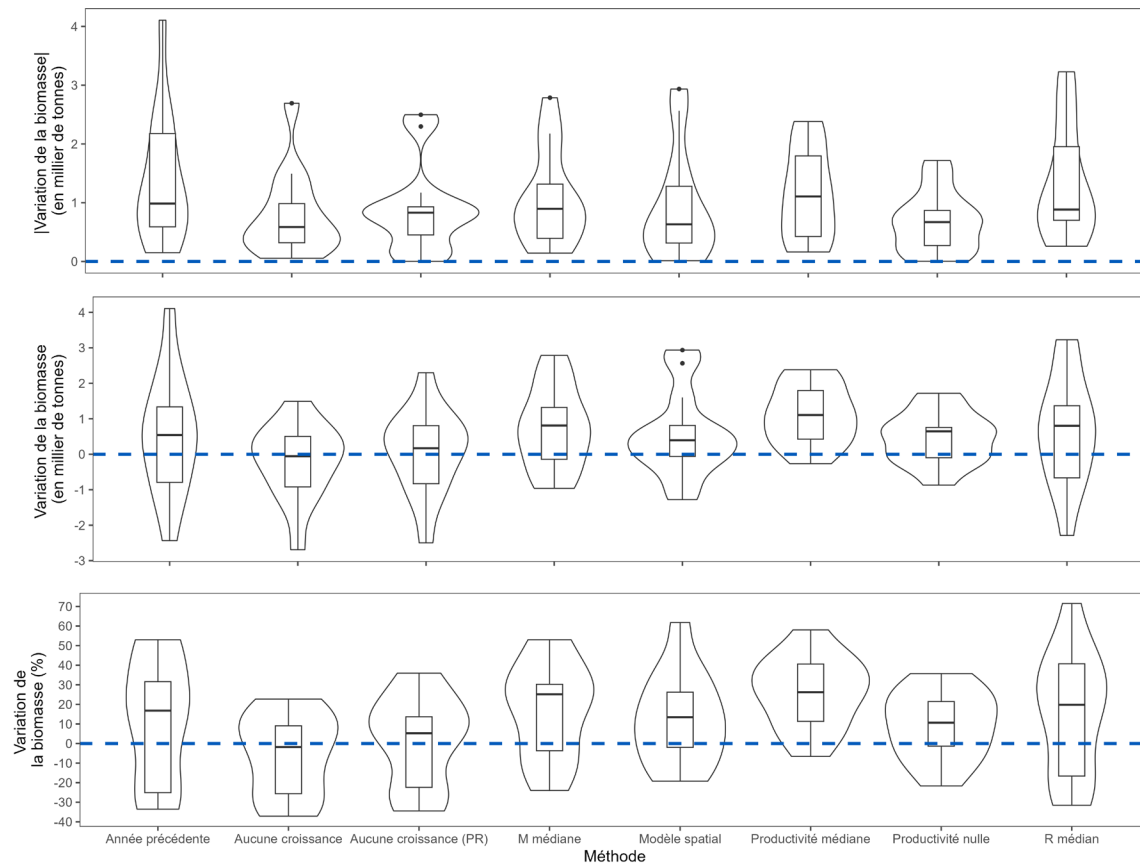


Figure 77 : Diagrammes en violon affichant la différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 25A (modèle d'évaluation spatialement explicite), mesurée à l'aide de huit méthodes différentes. La largeur du violon représente la quantité relative de données. À l'intérieur des violons, les lignes horizontales dans les boîtes à moustaches représentent les quantiles à 25 %, 50 % et 75 %, les moustaches représentent les données qui s'étendent sur 1,5 fois l'intervalle interquartile et les points représentent les valeurs aberrantes qui sont en dehors de l'intervalle précisé pour les moustaches. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, et des valeurs positives (négatives) signifient que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence absolue en kilotonnes, le panneau central la différence en kilotonnes et le panneau inférieur la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

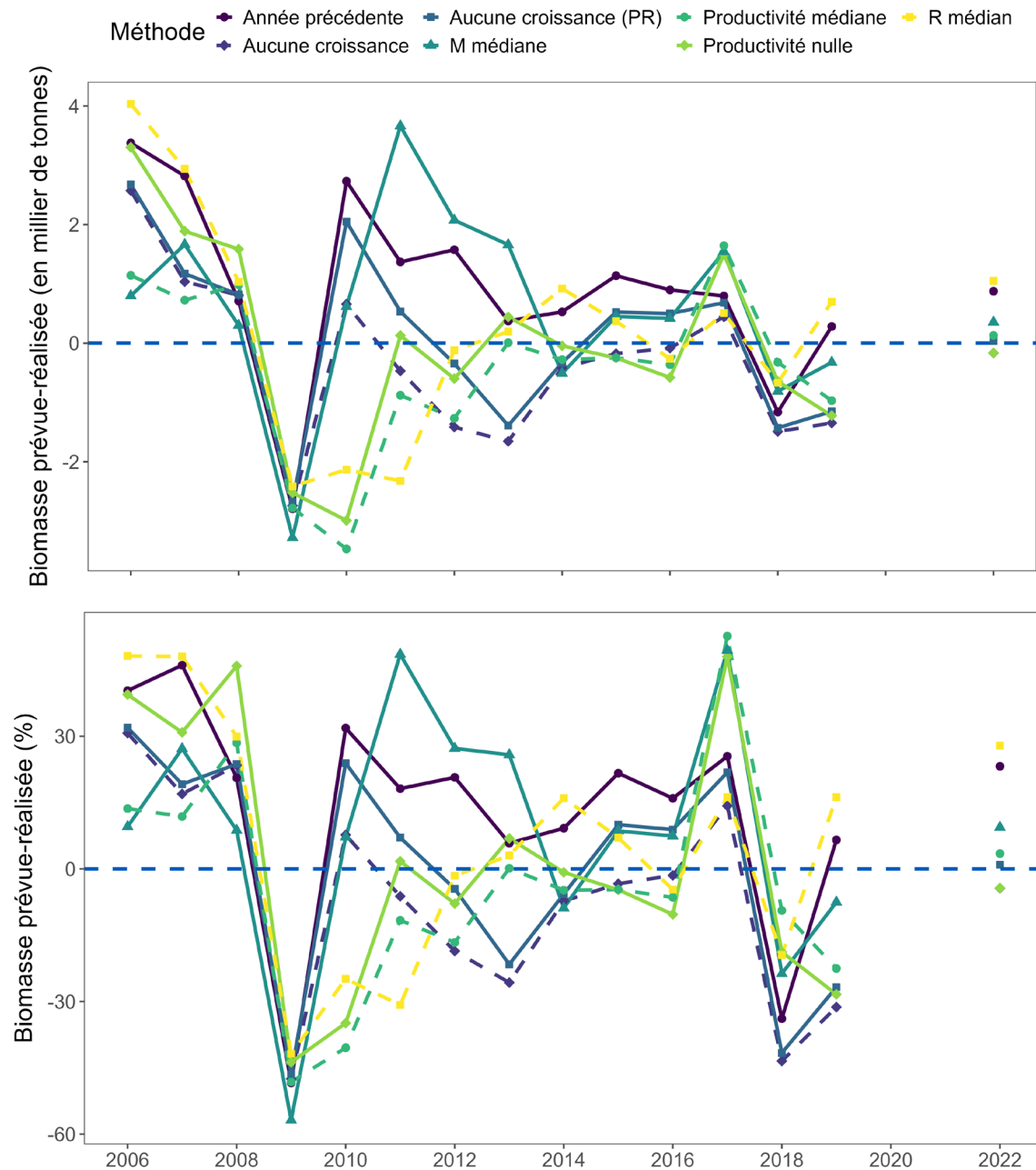


Figure 78 : Différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 26A (modèle bayésien état-espace non spatial), mesurée à l'aide de sept méthodes différentes. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, des valeurs positives (négatives) indiquent que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence en kilotonnes, tandis que le panneau inférieur affiche la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. Aucune comparaison n'a pu être effectuée en 2020 et 2021 en raison de l'absence de données de relevé en 2020. FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

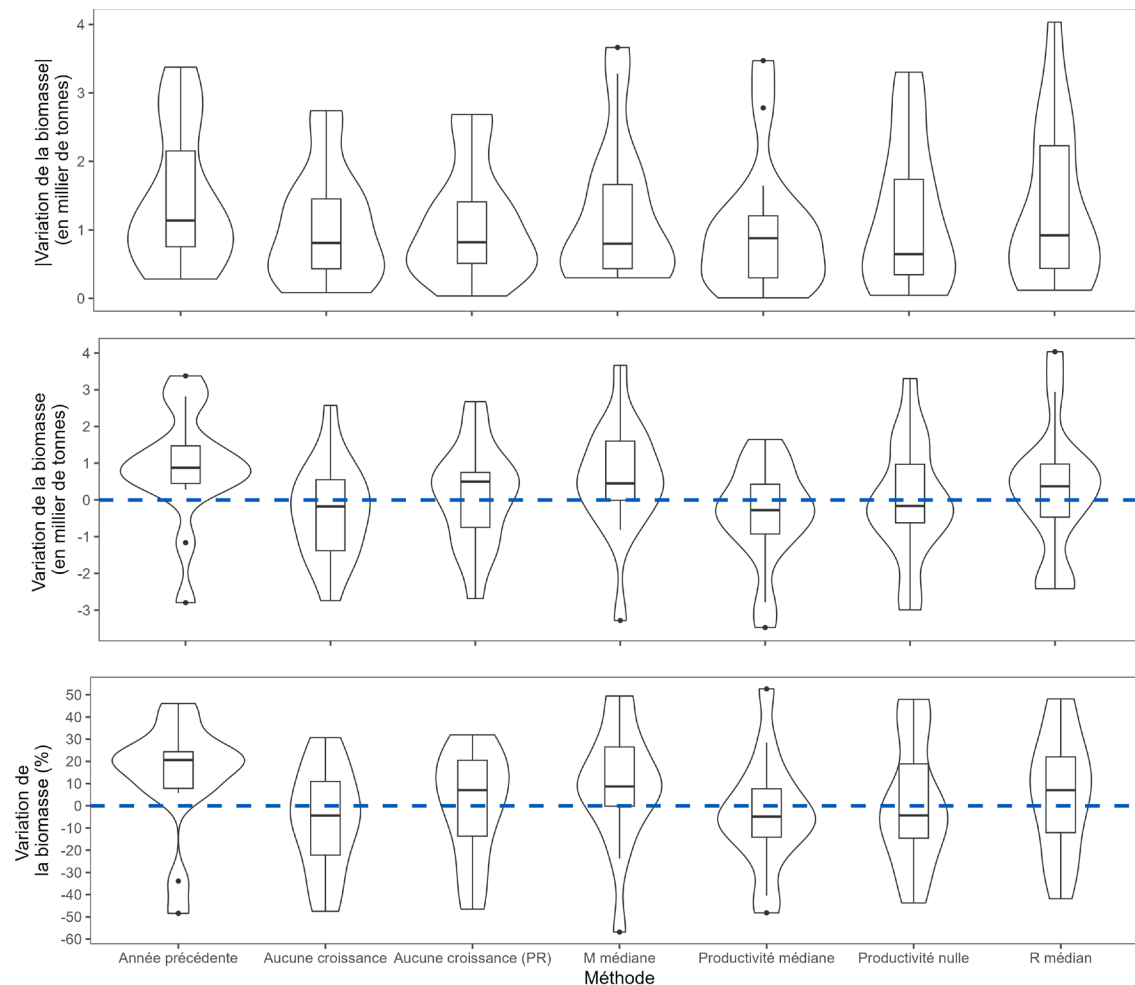


Figure 79 : Diagrammes en violon affichant la différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 26A (modèle bayésien état-espace non spatial), mesurée à l'aide de sept méthodes différentes. La largeur du violon représente la quantité relative de données. À l'intérieur des violons, les lignes horizontales dans les boîtes à moustaches représentent les quantiles à 25 %, 50 % et 75 %, les moustaches représentent les données qui s'étendent sur 1,5 fois l'intervalle interquartile et les points représentent les valeurs aberrantes qui sont en dehors de l'intervalle précisé pour les moustaches. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, et des valeurs positives (négatives) signifient que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence absolue en kilotonnes, le panneau central la différence en kilotonnes et le panneau inférieur la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

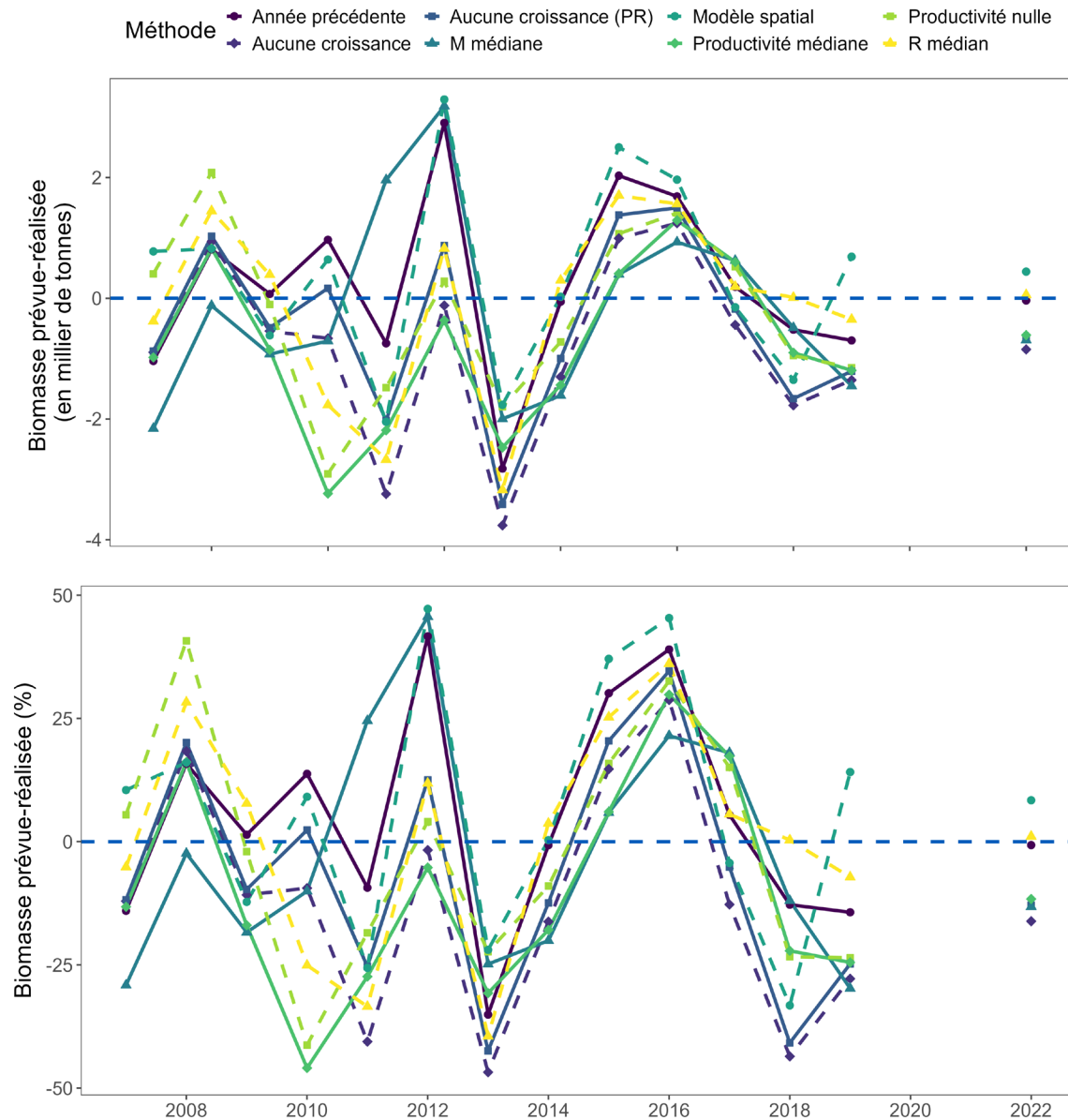


Figure 80 : Différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 26A (modèle d'évaluation spatialement explicite), mesurée à l'aide de huit méthodes différentes. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, des valeurs positives (négatives) indiquent que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence en kilotonnes, tandis que le panneau inférieur affiche la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. Aucune comparaison n'a pu être effectuée en 2020 et 2021 en raison de l'absence de données de relevé en 2020. m – mortalité, R – recrutement, FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

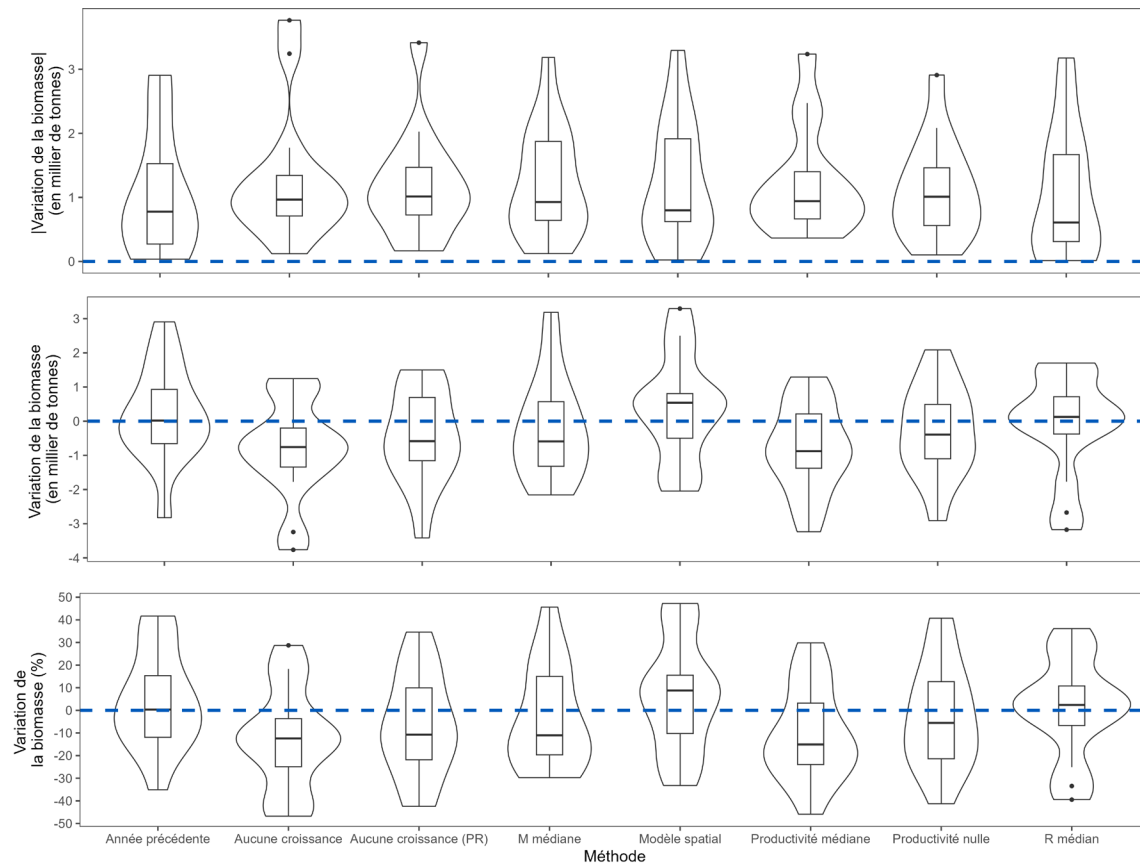


Figure 81 : Diagrammes en violon affichant la différence entre la biomasse réelle et les projections sur un an dans la zone de pêche du pétoncle 26A (modèle d'évaluation spatialement explicite), mesurée à l'aide de huit méthodes différentes. La largeur du violon représente la quantité relative de données. À l'intérieur des violons, les lignes horizontales dans les boîtes à moustaches représentent les quantiles à 25 %, 50 % et 75 %, les moustaches représentent les données qui s'étendent sur 1,5 fois l'intervalle interquartile et les points représentent les valeurs aberrantes qui sont en dehors de l'intervalle précisé pour les moustaches. Une valeur de zéro indique que la biomasse prévue sur un an était identique à la biomasse réelle, et des valeurs positives (négatives) signifient que la projection sur un an prévoyait une biomasse supérieure (inférieure) à la biomasse réelle. Le panneau supérieur affiche la différence absolue en kilotonnes, le panneau central la différence en kilotonnes et le panneau inférieur la différence en pourcentage. La ligne horizontale bleue pointillée représente une différence de biomasse nulle. FR – biomasse des pétoncles pleinement recrutés.

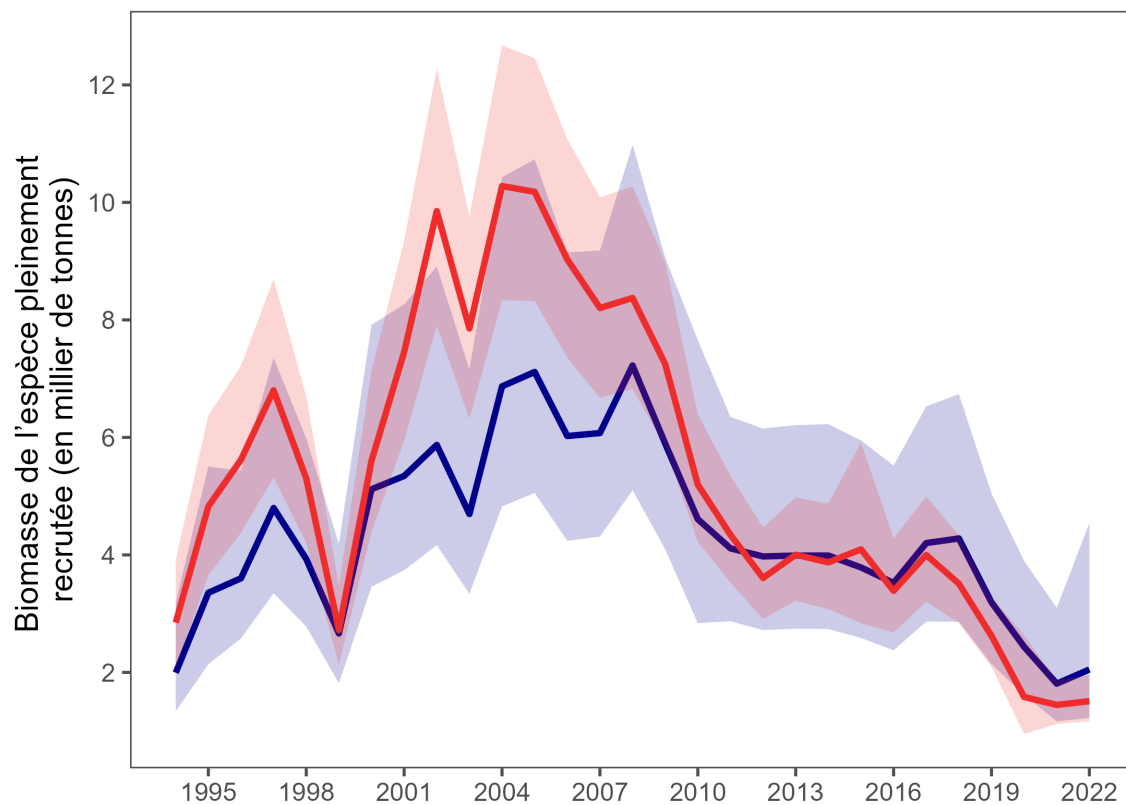


Figure 82 : Série chronologique de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) dans la zone de pêche du pétoncle 25A, selon le modèle bayésien état-espace non spatial (la ligne bleue représente la médiane et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (la ligne rouge représente la biomasse prédite, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %).

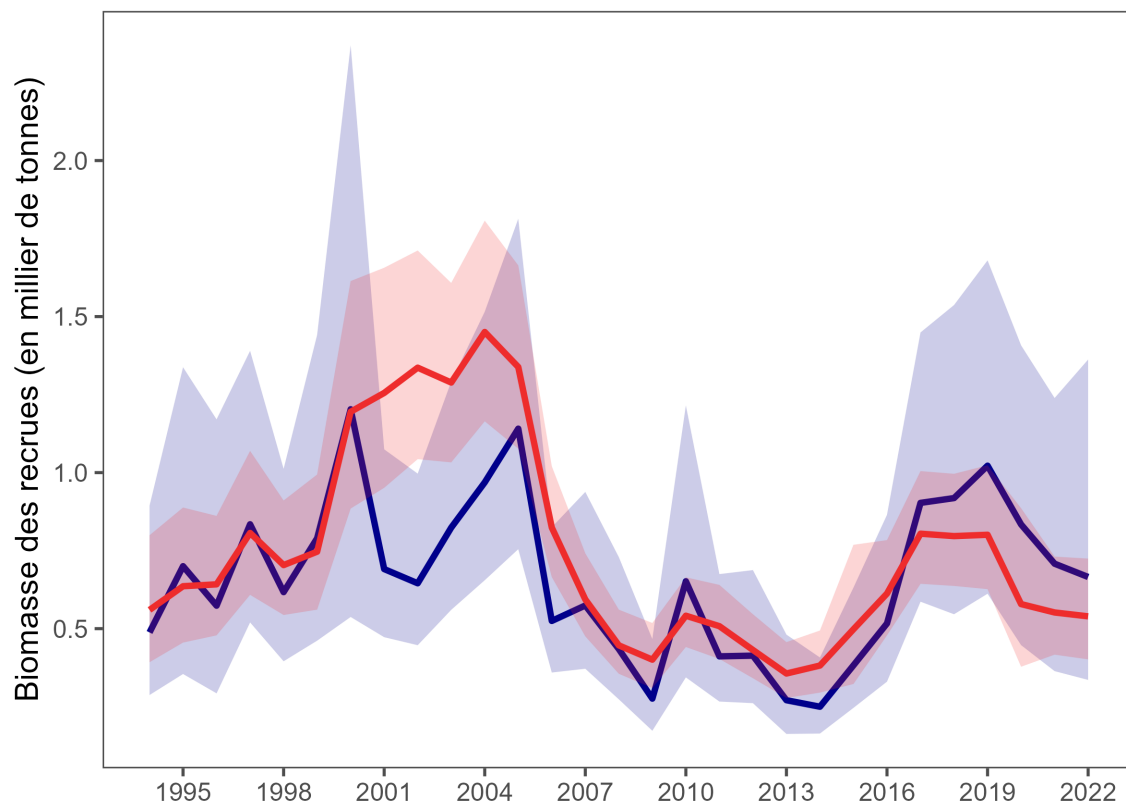


Figure 83 : Série chronologique de la biomasse des recrues (kilotonnes) dans la zone de pêche du pétoncle 25A, selon le modèle bayésien état-espace non spatial (la ligne bleue représente la médiane et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (la ligne rouge représente la biomasse prédite, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %).

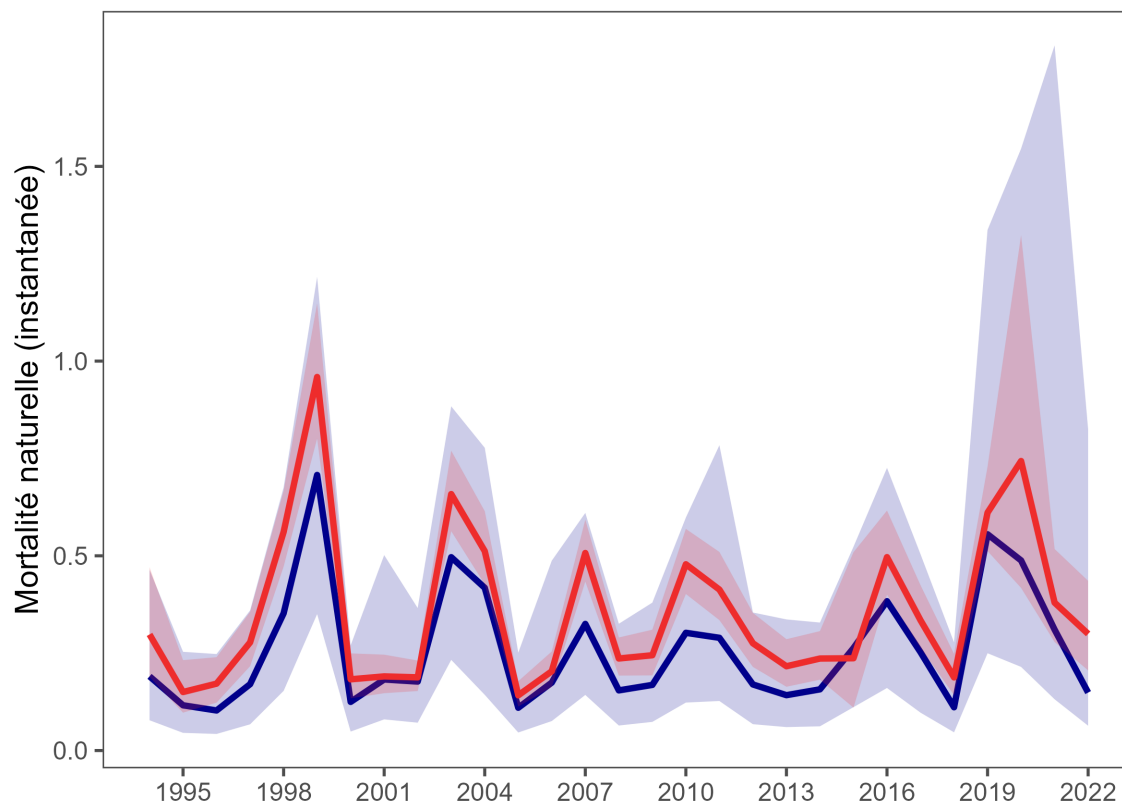


Figure 84 : Série chronologique de la mortalité naturelle (instantanée) dans la zone de pêche du pétoncle 25A, selon le modèle bayésien état-espace non spatial (la ligne bleue représente la mortalité naturelle médiane des pétoncles pleinement recrutés, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (la ligne rouge représente la mortalité naturelle prédite, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %).

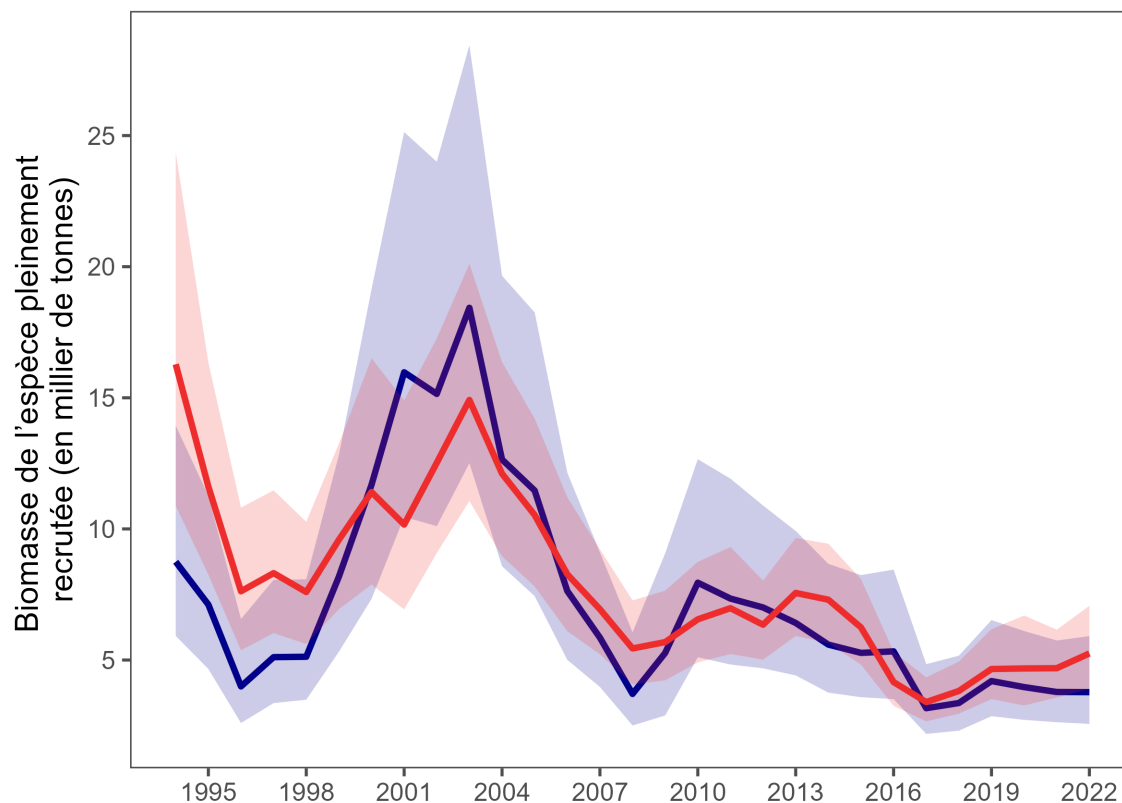


Figure 85 : Série chronologique de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (kilotonnes) dans la zone de pêche du pétoncle 26A, selon le modèle bayésien état-espace non spatial (la ligne bleue représente la médiane, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (la ligne rouge représente la biomasse prédite, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %).

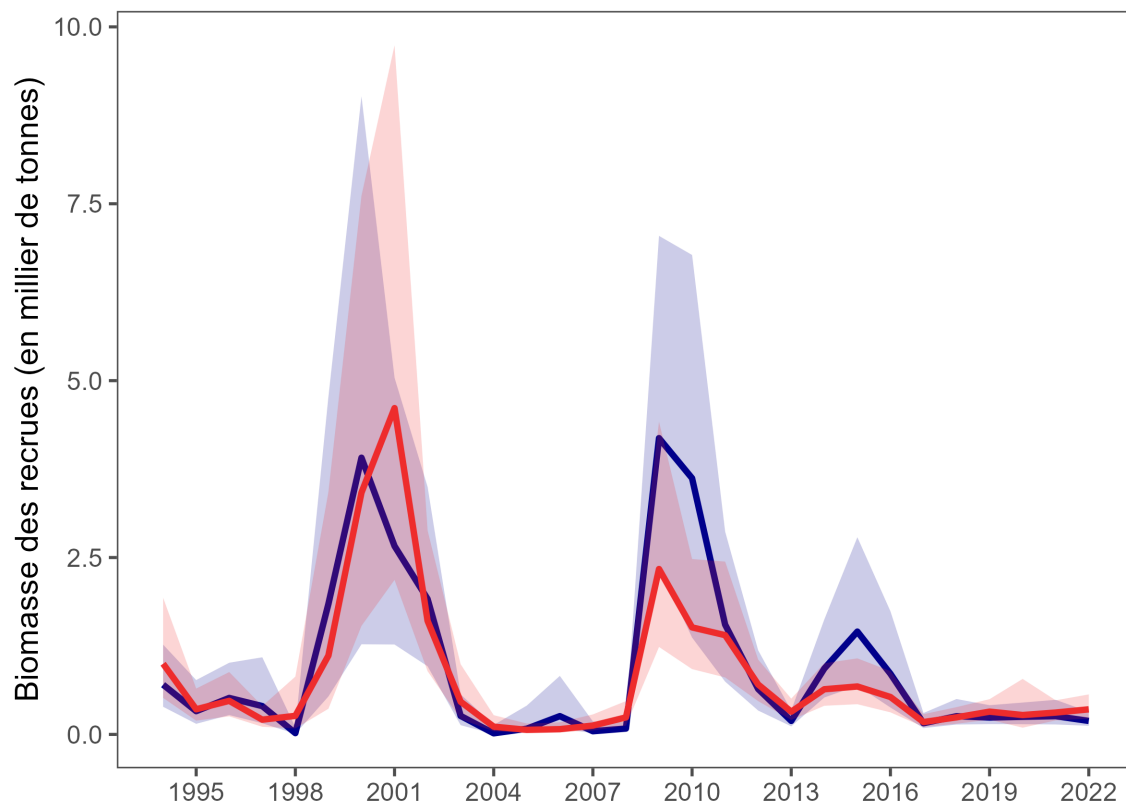


Figure 86 : Série chronologique de la biomasse des recrues (kilotonnes) dans la zone de pêche du pétoncle 26A, selon le modèle bayésien état-espace non spatial (la ligne bleue représente la médiane, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (la ligne rouge représente la biomasse prédite, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %).

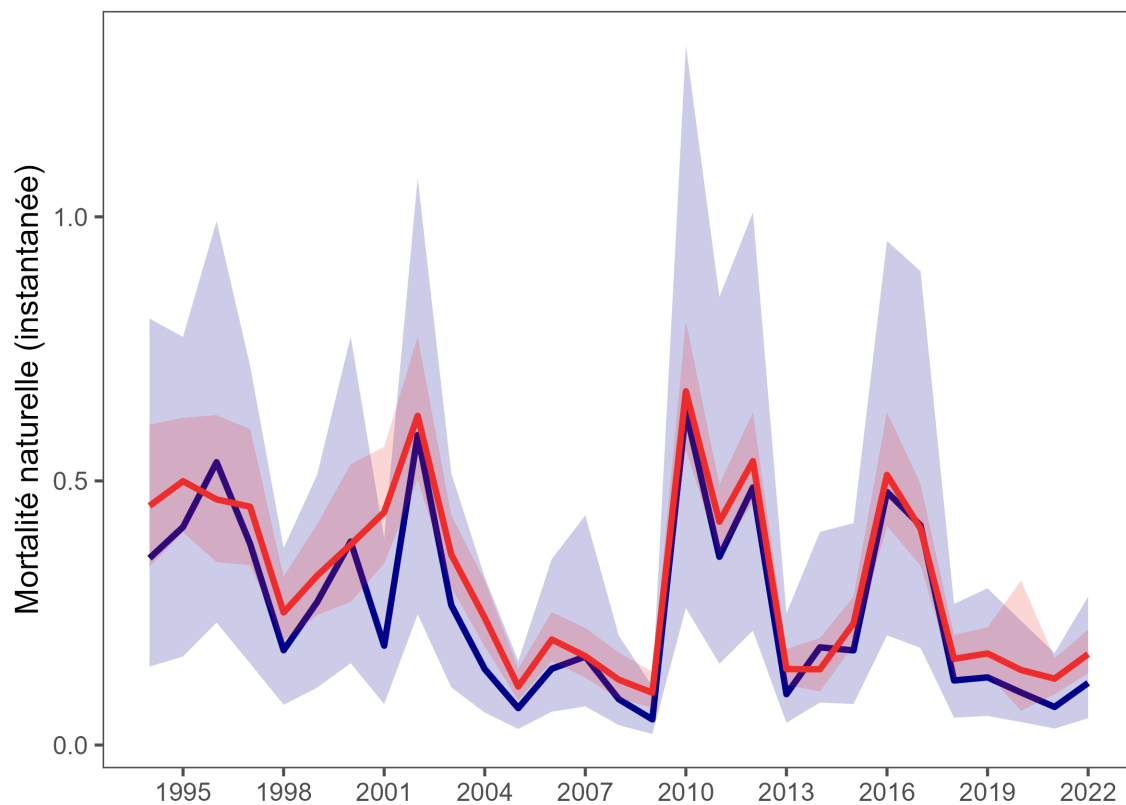


Figure 87 : Série chronologique de la mortalité naturelle (instantanée) dans la zone de pêche du pétoncle 26A, selon le modèle bayésien état-espace non spatial (la ligne bleue représente la mortalité naturelle médiane des pétoncles pleinement recrutés, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %) et le modèle d'évaluation spatialement explicite (la ligne rouge représente la mortalité naturelle prédite, et l'ombre représente l'intervalle de crédibilité à 95 %).

ANNEXE A

ZPP 25A

Le nombre de nœuds a une incidence minime sur les estimations de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la ZPP 25A, avec une différence de biomasse annuelle moyenne de 80,1 tonnes (1,3 %) (fig. 1). Les estimations globales de la biomasse des recrues sont également très semblables entre les modèles à 10 nœuds et à 20 nœuds, avec une différence de biomasse annuelle moyenne de 10 tonnes (1,7 %) (fig. 2). Toutefois, les estimations de la mortalité naturelle diffèrent sensiblement entre les modèles à 10 et 20 nœuds, la mortalité naturelle du modèle à 10 nœuds étant plus élevée que celle du modèle à 20 nœuds; la mortalité naturelle du modèle à 10 nœuds est en moyenne supérieure de 0,01 (1,4 %) à celle du modèle à 20 nœuds (fig. 3). Les capturabilités étaient semblables entre les modèles, la plage de capturabilité du modèle à 20 nœuds (0,25 à 0,45) étant légèrement plus large que celle du modèle à 10 nœuds (0,25 à 0,42).

ZPP 26A

Le nombre de nœuds a une incidence sur les estimations de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la ZPP 26A, le modèle à 10 nœuds présentant une estimation plus élevée de la biomasse annuelle; en moyenne, la biomasse du modèle à 10 nœuds est supérieure de 554 tonnes (10,7 %) à celle du modèle à 20 nœuds (fig. 4). Les estimations globales de la biomasse des recrues sont également plus élevées dans le modèle à 10 nœuds, la biomasse des recrues étant supérieure de 59,2 tonnes (14,9 %) dans le modèle à 10 nœuds (fig. 5). Les estimations de la mortalité naturelle dans le modèle à 10 nœuds sont plus élevées que celles du modèle à 20 nœuds; la mortalité naturelle du modèle à 10 nœuds est en moyenne supérieure de 0 (1,6 %) à celle du modèle à 20 nœuds (fig. 6). Les capturabilités sont semblables entre les modèles, la plage de capturabilité du modèle à 20 nœuds (0,26 à 0,44) étant légèrement plus large que celle du modèle à 10 nœuds (0,29 à 0,44).

FIGURES

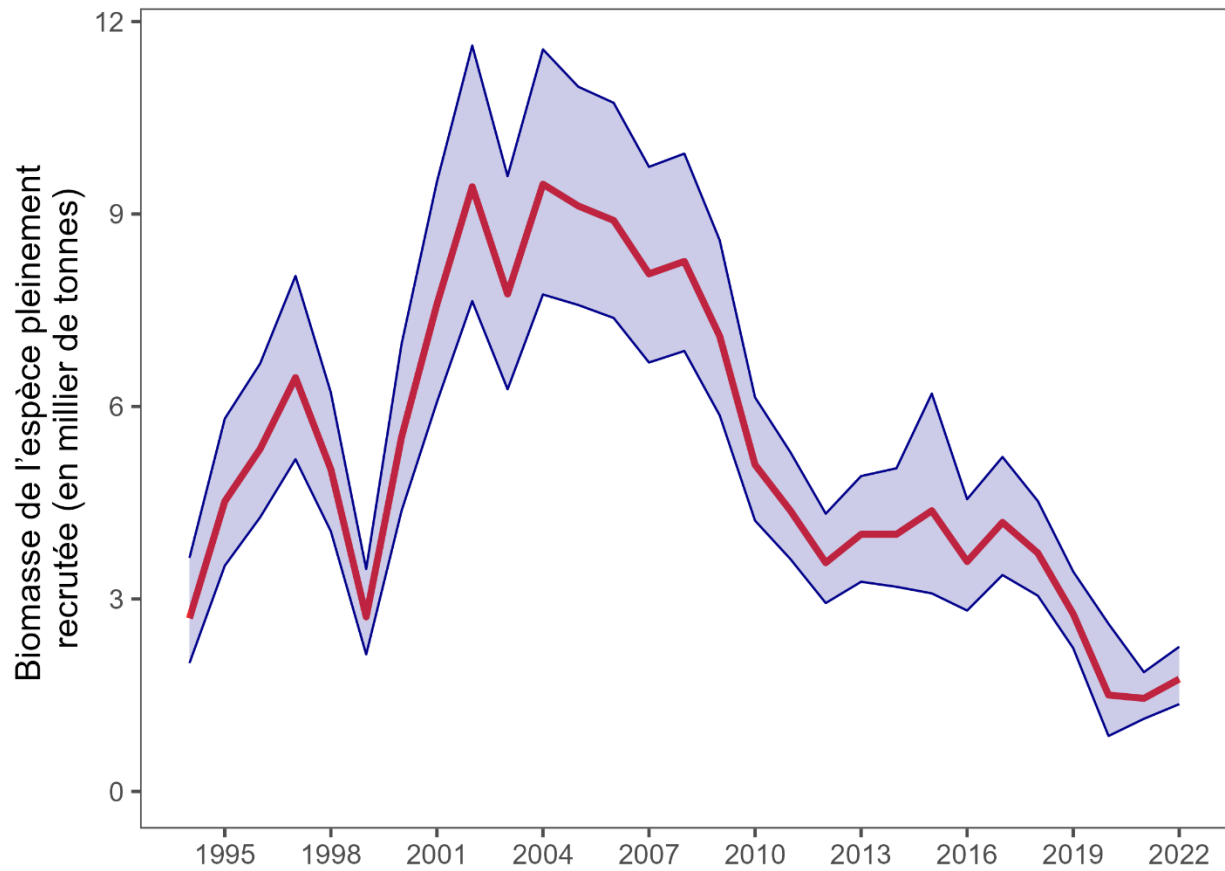


Figure A1. Estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la zone de pêche du pétoncle 25A selon le modèle d'évaluation spatialement explicite utilisant 20 nœuds; la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

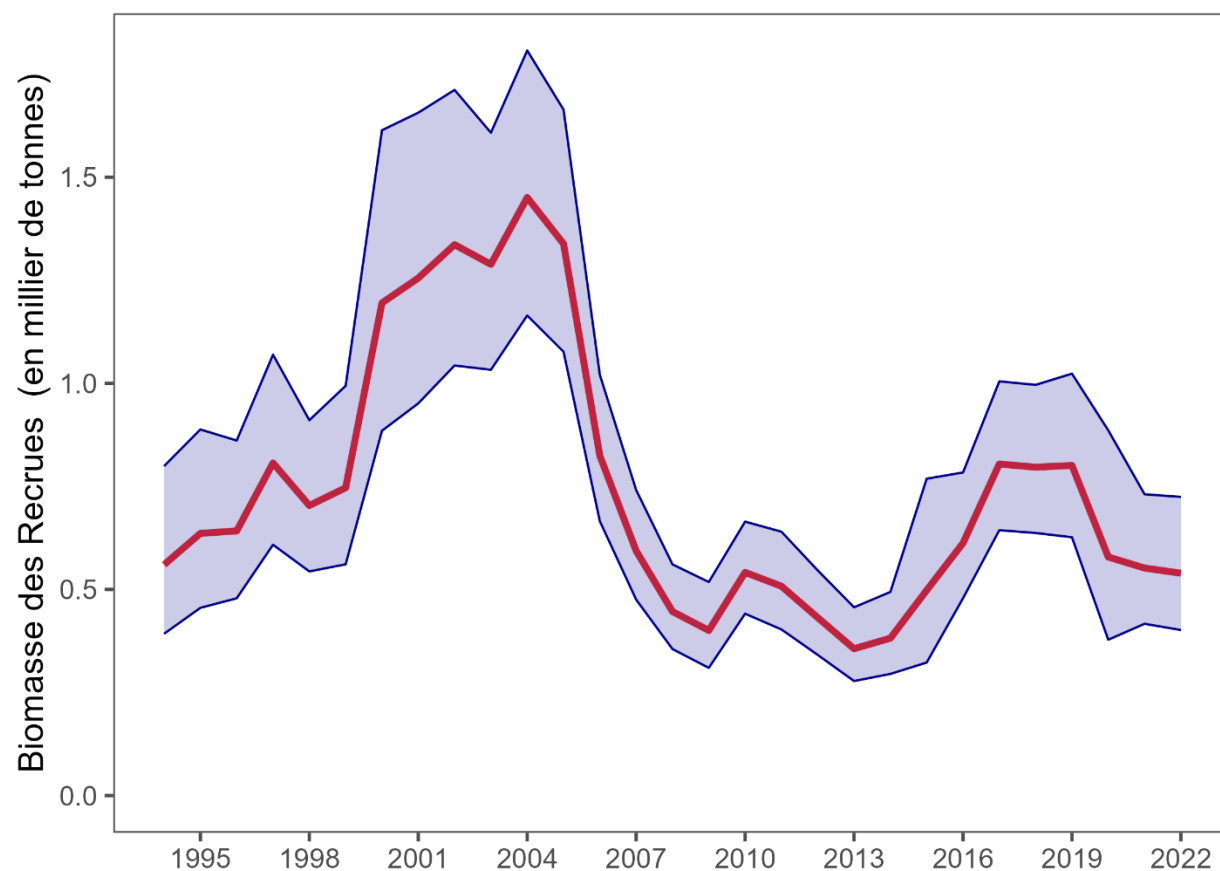


Figure A2. Estimation de la biomasse des recrues dans la zone de pêche du pétoncle 25A selon le modèle d'évaluation spatialement explicite utilisant 20 nœuds; la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

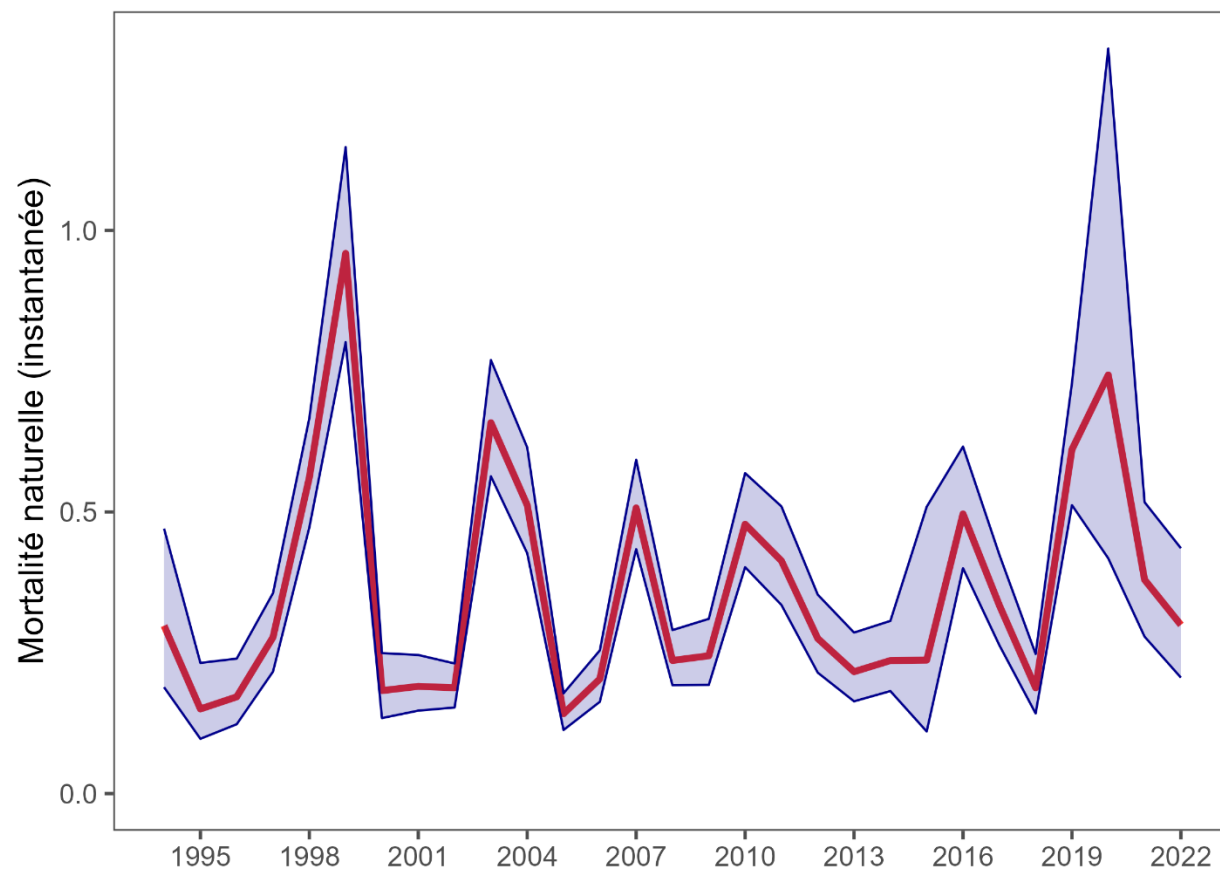


Figure A3. Mortali   naturelle (instantané) dans la zone de pêche du pétoncle 25A selon le modèle d'évaluation spatialement explicite utilisant 20 nœuds; la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

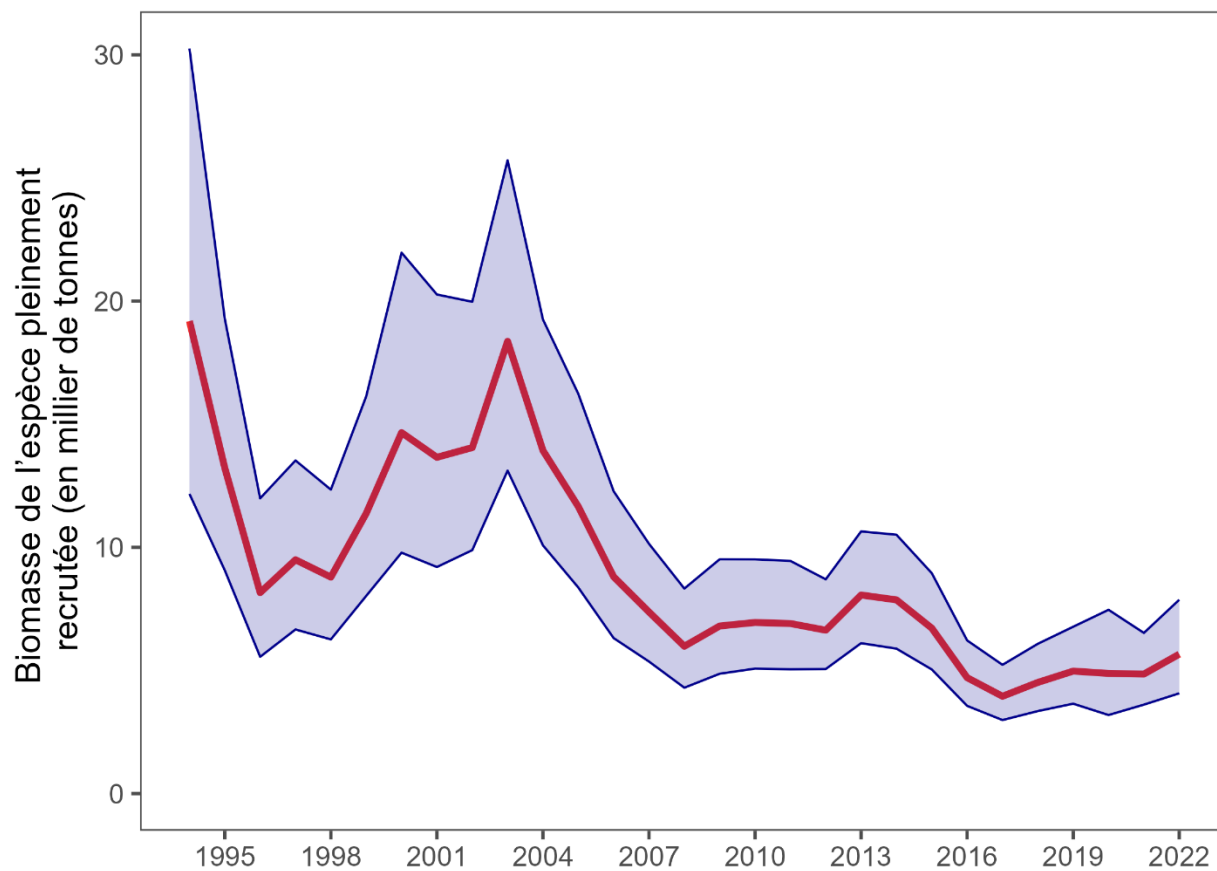


Figure A4. Estimation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans la zone de pêche du pétoncle 26A selon le modèle d'évaluation spatialement explicite utilisant 10 nœuds; la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

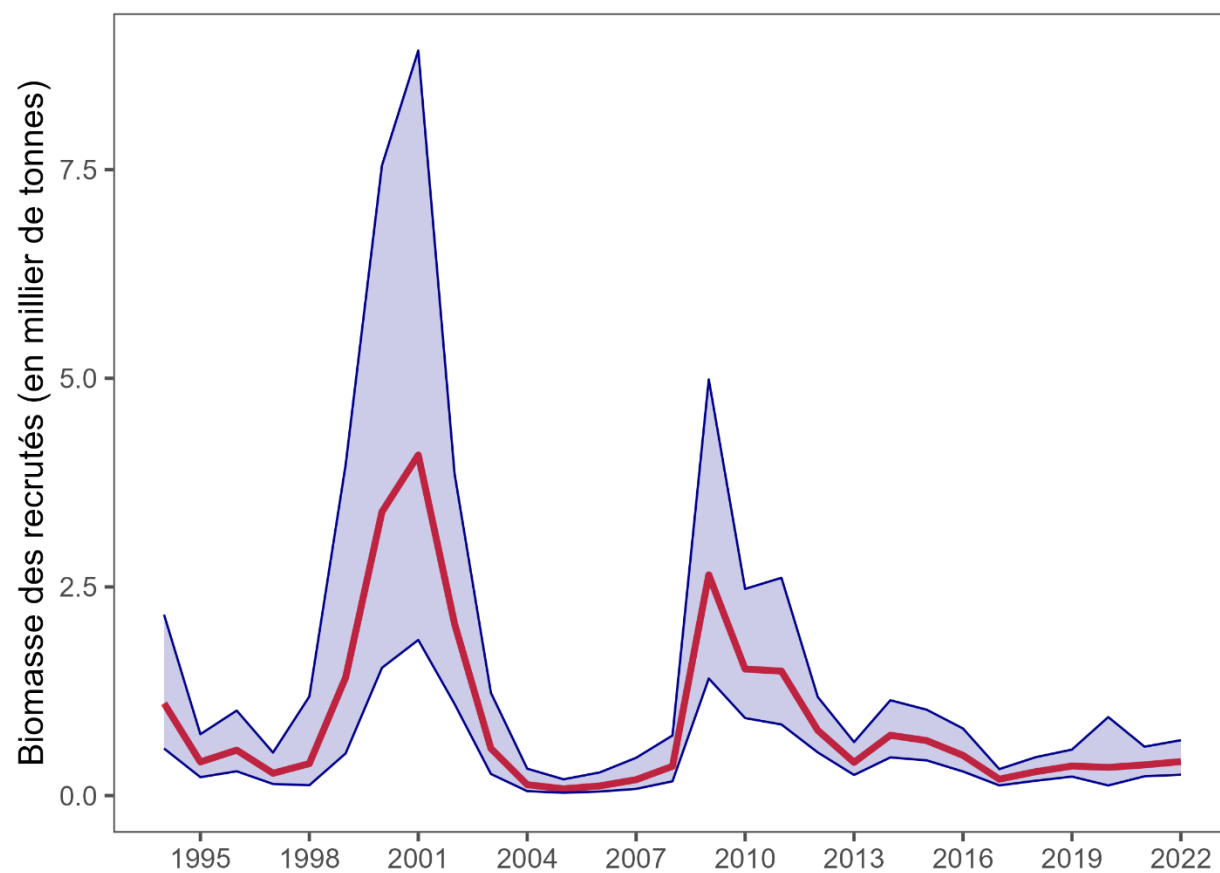


Figure A5. Estimation de la biomasse des recrues dans la zone de pêche du pétoncle 26A selon le modèle d'évaluation spatialement explicite utilisant 10 nœuds; la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

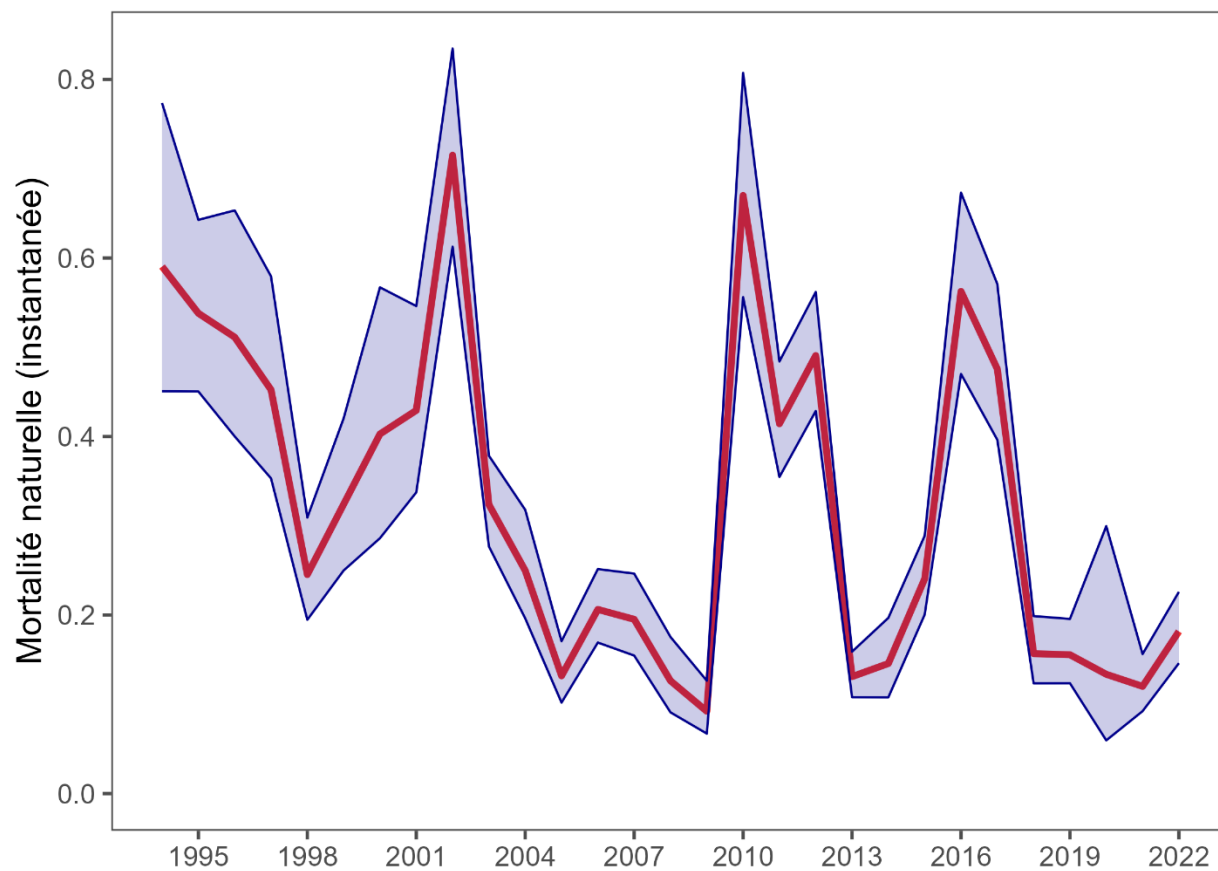


Figure A6. Estimation de la mortalité naturelle (instantanée) dans la zone de pêche du pétoncle 26A selon le modèle dévaluation spatialement explicite utilisant 10 nœuds; la zone ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.