



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 2024/064

Région des Maritimes

Évaluation de la productivité des stocks de pétoncles hauturiers de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown et de l'incidence des avis de projection sur deux ans

Jessica A. Sameoto, Freya M. Keyser et David M. Keith

Institut océanographique de Bedford
Pêches et Océans Canada
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 des 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/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2024

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-73446-0 N° cat. Fs70-5/2024-064F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Sameoto, J.A., Keyser, F.M. et Keith, D.M. 2024. Évaluation de la productivité des stocks de pétoncles hauturiers de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown et de l'incidence des avis de projection sur deux ans. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/064. iv + 41 p.

Also available in English:

Sameoto, J.A., Keyser, F.M., and Keith, D.M. 2024. *Assessing the Productivity of the Georges Bank 'a' and Browns Bank North Offshore Scallop Stocks and the Impact of Two-Year Projection Advice*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2024/064. iv + 40 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	2
MODÈLE DE TYPE DIFFÉRENCE-DÉLAI	2
PRODUCTIVITÉ ET PRODUCTION EXCÉDENTAIRE.....	2
PROJECTIONS SUR DEUX ANS ET ÉVALUATION D'IMPACT	4
RÉSULTATS.....	5
ZONE « A » DU BANC DE GEORGES.....	5
Productivité du stock.....	5
Projections sur deux ans.....	5
NORD DU BANC DE BROWN.....	7
Productivité du stock.....	7
Projections sur deux ans.....	7
CONCLUSION	8
REMERCIEMENTS	10
RÉFÉRENCES CITÉES	10
TABLEAUX	11
FIGURES	17

RÉSUMÉ

La majorité des prises de la pêche hauturière du pétoncle dans la région des Maritimes de Pêches et Océans Canada (MPO) proviennent de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown. Chaque stock est géré à l'aide d'un total autorisé des captures (TAC) et fait l'objet d'une évaluation analytique annuelle qui utilise une version modifiée d'un modèle d'évaluation de la population à différences retardées modifié selon une modélisation bayésienne d'espace d'états afin de fournir une projection de la biomasse sur un an en vue de guider la détermination du niveau de prélèvement. Toutefois, en 2020, le relevé scientifique du MPO sur les pétoncles dans la zone hauturière a été annulé en raison des difficultés associées à la pandémie de COVID-19. En l'absence de données de relevé, des projections du modèle sur deux ans sont nécessaires pour mettre à jour l'état des stocks pour 2021. Les objectifs du présent document sont d'évaluer la productivité de ces stocks en fonction des modèles d'évaluation de la population, d'établir des projections du modèle sur deux ans pour éclairer les décisions finales liées au TAC pour 2021, et d'évaluer l'impact et l'incertitude des projections du modèle sur deux ans. Pour la zone « a » du banc de Georges, les estimations du taux de production excédentaire variaient de 0,25 à 0,27, ce qui est conforme aux estimations précédentes. Pour le nord du banc de Brown, les estimations du taux de production excédentaire variaient de 0,13 à 0,15, ce qui est plus élevé que les estimations précédentes. Les stocks de pétoncles de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown démontrent une variabilité interannuelle importante de leur productivité de sorte que, par rapport à l'utilisation de projections sur un an, l'utilisation de projections sur deux ans comme base pour les décisions de gestion à long terme entraînerait un risque important de perte de prises potentielles ou de surexploitation. Cependant, dans le contexte de la prise de décision tactique sur un an et en l'absence de données de relevé de 2020, ces projections sur deux ans fournissent un contexte pour la prise de décision pour le niveau de prélèvement de 2021. Pour les scénarios de projection sur deux ans qui ont été évalués, la probabilité que la biomasse de pétoncles pleinement recrutés de la zone « a » du banc de Georges pour 2021 soit supérieure au point de référence supérieur du stock et dans la zone saine après avoir prélevé 4 000 tm (le TAC provisoire de 2021) est d'au moins 0,98; selon les prévisions, cela se traduira par un taux d'exploitation entre 0,08 et 0,1 et une plage prévue de variation de la biomasse entre -10 % et 18 %. Pour le nord du banc de Brown, pour les scénarios de projection sur deux ans, le prélèvement de 300 tm (le TAC provisoire de 2021) devrait entraîner un taux d'exploitation compris entre 0,12 et 0,14 et correspond à une plage prévue de variation de la biomasse entre -14 % et 1 %.

INTRODUCTION

La majorité des prises de la pêche hauturière du pétoncle dans la région des Maritimes de Pêches et Océans Canada (MPO) proviennent de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown (figure 1). Ces deux bancs représentaient plus de 80 % du total des débarquements de pétoncles en 2019. L'espèce débarquée est le pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) et la pêche pour les deux bancs a lieu du 1^{er} janvier au 31 décembre. Chaque stock est géré à l'aide d'un total autorisé des captures (TAC) et fait l'objet d'une évaluation analytique annuelle qui utilise une version modifiée d'un modèle d'évaluation de la population à différences retardées modifié selon une modélisation bayésienne d'espace d'états pour la modélisation de la dynamique des populations (Hilborn et Walters 1992). Cette approche de modélisation de la dynamique des populations de pétoncles géants dans le banc de Georges a été introduite dans le cadre de l'évaluation du cadre pour le pétoncle dans la zone « a » du banc de Georges en 2008 (Jonsen *et al.* 2009), et a par la suite été mise en œuvre pour le nord du banc de Brown en 2011 (Hubley *et al.* 2011). Cette approche est utilisée depuis 2008 et 2011, respectivement, pour fournir des avis annuels sur les prises.

Les modèles opérationnels sont utilisés pour estimer la biomasse de la population, le recrutement (à la pêche), le taux d'exploitation et fournir des avis sur les niveaux de capture l'année suivante. Les indices utilisés dans les modèles proviennent de relevés annuels et de données sur les prises commerciales. Des relevés de haute intensité menés conjointement par le MPO et l'industrie ont lieu chaque année en mai pour le nord du banc de Brown et en août pour la zone « a » du banc de Georges. Les données de relevé recueillies au printemps et à l'été, respectivement, sont traitées et analysées; les tendances des relevés ont été fournies à l'automne lors de la réunion du Comité consultatif de la pêche hauturière du pétoncle afin de guider l'établissement des TAC provisoires pour le 1^{er} janvier, qui marque le début de la saison de pêche. Des avis officiels par l'intermédiaire du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) sont par la suite fournis au printemps pour guider l'établissement des TAC finaux pour l'année. Pour chaque stock, l'établissement du TAC final est guidé par la projection sur un an du modèle; ainsi, les données jusqu'à l'année t sont utilisées par le modèle pour prévoir la biomasse de pétoncles pleinement recrutés pour l'année $t+1$. Le délai actuel entre l'acquisition des données des relevés (mai, août de l'année t) et les avis scientifiques opérationnels pour l'établissement des objectifs de gestion (printemps de l'année $t+1$) signifie que les avis sur les niveaux de prises sont fondés sur des projections sur un an. Ce délai, entre l'acquisition des données et l'avis scientifique opérationnel, permet d'atteindre l'objectif général en matière de pêche de maximisation des prises au moment présent, sous réserve des contraintes d'un régime de pêche durable.

En 2020, le relevé scientifique du MPO sur les pétoncles dans la zone hauturière a été annulé en raison des difficultés associées à la pandémie de COVID-19. En l'absence de données de relevés, des projections du modèle sur deux ans sont nécessaires pour mettre à jour l'état du stock pour la pêche du pétoncle dans la zone « a » du banc de Georges et le nord du banc de Brown pour 2021. Les objectifs du présent document sont d'évaluer la productivité de ces stocks en fonction des modèles d'évaluation de la population, d'établir des projections du modèle sur deux ans pour éclairer les décisions finales liées au TAC pour 2021, et d'évaluer l'impact et l'incertitude des projections du modèle sur deux ans.

MÉTHODES

MODÈLE À DIFFÉRENCES RETARDÉES

Le modèle opérationnel pour la zone « a » du banc de Georges et le nord du banc de Brown est un modèle d'évaluation à différences retardées modifié selon une modélisation bayésienne d'espace d'états qui intègre les données issues de relevés et de la pêche de l'espèce (Hubley *et al.* 2014). Le modèle est ajusté aux estimations issues de relevés de la biomasse de pétoncles pleinement recrutés (hauteur de coquille ≥ 95 mm) et de la biomasse des recrues (hauteur de coquille de 85 à 94,9 mm), ainsi qu'aux captures par unité d'effort (CPUE, $\frac{kg}{\text{heure-mètre}}$) de la pêche. La formulation de l'équation de processus est la suivante :

$$B_t = [e^{(-m_{fr(t)})} g_{fr(t-1)}(B_{t-1} - C_t) + e^{(-m_r(t))} g_{r(t-1)} R_{t-1}] \eta_t$$

La biomasse de l'année en cours (B_t) est fonction de la biomasse de pétoncles pleinement recrutés de l'année précédente (B_{t-1}), avec des gains (intrants) découlant du recrutement (R_{t-1}) et de la croissance (g_{fr} et g_r), et des pertes (extrants), en raison de la mortalité naturelle [du pétoncle pleinement recruté (m_{fr}) et des recrues (m_r)] et des prises (C). Le terme d'erreur de processus (η_t) représente l'incertitude dans la dynamique du modèle. La croissance correspond à la croissance somatique d'animaux individuels (poids de la chair), et les recrues sont les individus qui devraient croître pour être pleinement recrutés l'année suivante. Les paramètres modélisés sont B , R , m_{fr} , m_r et η . Il est à noter que la mortalité naturelle (m_{fr} et m_r) est modélisée en fonction des observations de relevés de coquilles de pétoncles vides à charnière, appelées « claquettes », tandis que les estimations de la croissance sont des paramètres fixes qui sont calculés chaque année (voir les détails dans Hubley *et al.* 2014).

Les avis opérationnels visant à éclairer les décisions de récolte pour l'année de pêche suivante découlent des prévisions du modèle pour l'année à venir. Ces projections supposent que la mortalité naturelle m et l'erreur de processus (η) restent inchangées par rapport aux estimations les plus récentes du modèle (p. ex. $m_{2020} = m_{2019}$). De plus, les calculs de croissance pour les projections sur un an utilisent la taille et l'état du pétoncle issu du plus récent relevé (Hubley *et al.* 2014). Cette projection est ensuite évaluée pour une fourchette de prises potentielles afin d'élaborer un tableau de scénario de prises. Un tableau de scénario de prises présente une fourchette de prises et les taux d'exploitation connexes, les probabilités de déclin, le changement prévu de la biomasse et, dans le cas de la zone « a » du banc de Georges, les probabilités que la biomasse dépasse le point de référence supérieur (PRS) et le point de référence limite (PRL) du stock (p. ex. MPO 2020).

PRODUCTIVITÉ ET PRODUCTION EXCÉDENTAIRE

La productivité des stocks de pétoncles dans la région des Maritimes a déjà été étudiée par Smith et Hubley (2012) dans le contexte des points de référence; toutefois, ici, les facteurs de productivité des pétoncles pour les stocks de la zone « a » du banc de Georges et le nord du banc de Brown qui servent à éclairer les projections du modèle opérationnel sont passés en revue. La productivité des stocks de pétoncles de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown est décrite par la quantité ou le taux de production de nouvelle biomasse par le stock au cours d'une période donnée. La productivité globale d'un stock est importante pour sa gestion durable, c'est-à-dire pour connaître la quantité qui peut être récoltée au cours d'une période donnée. Dans le contexte du moment de réalisation des relevés, cette période correspond à une année (la période entre les relevés ultérieurs). Pour qu'une population augmente par rapport à sa taille actuelle, les gains découlant du recrutement et de la croissance doivent dépasser les pertes dues à la mortalité naturelle et aux prises; cependant,

lorsque les points de référence supérieurs de la mortalité naturelle et des prises dépassent les gains du recrutement et de la croissance, une diminution de la population est observée. En outre, une population peut conserver la même taille si les gains et les pertes sont égaux.

L'équilibre entre les gains et les pertes, qui comprend les prises, peut servir à déterminer la variation de la biomasse de pétoncles pleinement recrutés (ΔB_{t+1}) entre les années :

$$\Delta B_{t+1} = B_{t+1} - B_t$$

Le pourcentage de variation de la biomasse (ΔPB_{t+1}) est défini comme suit :

$$\Delta PB_{t+1} = 100 \times \frac{B_{t+1} - B_t}{B_t}$$

De plus, la production excédentaire (SP) du stock peut être définie comme la différence entre la biomasse ajoutée à la population par la croissance et le recrutement dans la pêche, et la biomasse éliminée par la mortalité naturelle. Par conséquent, à n'importe quel niveau de biomasse de pétoncles pleinement recrutés, si les prises prélèvent moins (plus) que la biomasse ajoutée en raison de la production excédentaire, alors la biomasse de pétoncles pleinement recrutés augmentera (diminuera). Walters *et al.* (2008) ont résumé succinctement SP comme suit : « le changement dans la taille des stocks qui aurait eu lieu s'il n'y avait pas eu de récolte » :

$$SP_t = \Delta B_{t+1} + C_t$$

Avec le taux de production excédentaire (SP_{taux}) défini par :

$$SP_{taux(t)} = \frac{SP_t}{B_t}$$

Afin d'explorer la productivité des stocks de pétoncles de la zone « a » du banc de Georges et du nord du banc de Brown, des tendances dégagées des séries chronologiques ont été élaborées pour la biomasse de pétoncles pleinement recrutés (B), la biomasse des recrues (R), la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés et des recrues (m_{fr} et m_r), la croissance des pétoncles pleinement recrutés et des recrues (g_{fr} et g_r), et SP . Pour tous les paramètres modélisés (B , R , m_{fr} , m_r), les médianes a posteriori ont été utilisées, et les estimations des paramètres fixes pour la croissance (g_{fr} et g_r) ont été utilisées; les médianes des séries chronologiques ont été calculées à l'aide des séries chronologiques complètes pour chaque paramètre respectif. Les relations entre SP et B ont été explorées en traçant SP par rapport à B , tandis que les diagrammes de phase de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés et de l'exploitation ont également été évalués.

Une approche heuristique a été adoptée pour évaluer comment l'exploitation (e_t) influence les changements dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (ΔPB_t) :

$$\Delta PB_t = \alpha + \beta e_t + \epsilon_t$$

$$\epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

L'exploitation associée à une variation de 0 % de la biomasse (ΔPB) est estimée à partir de l'intersection avec l'axe des X de ces modèles.

Les projections sur un an (pour $t+1$) s'appuient sur les estimations observées R au cours de l'année t et supposent que les estimations des paramètres de l'année en cours de la mortalité et de la croissance (m_{fr} , m_r , g_{fr} , g_r) sont des estimations fiables de ces paramètres l'année suivante. Une analyse a été entreprise pour déterminer s'il y avait une autocorrélation dans les principaux paramètres du modèle (B , R , m_{fr} , m_r , g_{fr} et g_r) ou SP . Des corrélogrammes ont été

élaborés en utilisant la série chronologique de chacun de ces paramètres avec la signification de l'autocorrélation évaluée utilisant les intervalles de confiance de 95 %.

PROJECTIONS SUR DEUX ANS ET ÉVALUATION D'IMPACT

Des projections du modèle sur un an ont été opérationnalisées afin d'obtenir des avis de prélèvement pour la zone « a » du banc de Georges et le nord du banc de Brown depuis la mise en œuvre des cadres analytiques actuels du modèle à différences retardées selon une modélisation bayésienne d'espace d'états (Jonsen *et al.* 2009, Hubley *et al.* 2011). Ces projections sur un an supposent que la mortalité naturelle reste inchangée par rapport à l'année en cours (p. ex. que la mortalité naturelle en 2020 restera inchangée par rapport à 2019), et utilisent la croissance des pétoncles pleinement recrutés (g_{fr}) et des recrues (g_r) calculée à partir du plus récent relevé. Pour évaluer le rendement des projections du modèle sur un an, l'hypothèse de capture pour les projections du modèle sur un an a été établie sur les prises réalisées pour chaque année respective.

Les scénarios de projection du modèle sur deux ans ont été éclairés d'après les résultats de l'évaluation des analyses des paramètres de productivité. Pour établir des projections du modèle sur deux ans, les projections sur un an des valeurs a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (où les prises ont été établies d'après les prises réalisées pour chaque année respective) ont été prévues dans le cadre de trois scénarios : 1) production excédentaire nulle, 2) production excédentaire médiane (pour le stock respectif) et 3) en supposant les mêmes valeurs R , m_{fr} , m_r , g_{fr} , g_r et η que la projection sur un an (c.-à-d. les mêmes conditions que la projection sur un an), ci-après appelée l'hypothèse du « statu quo ».

Le rendement des prévisions du modèle concernant la biomasse pour l'année suivante (P_{a1} : prévision sur un an) et pour deux ans (P_{a2} : prévision sur deux ans) a été évalué en comparant les prévisions du modèle des ajustements aux données jusqu'à l'année t (p. ex. 2012) à la distribution a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t-1$ (p. ex. 2011), et à la distribution a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t-2$ (p. ex. 2010). Le rendement des projections du modèle sur deux ans a été comparé aux projections sur un an actuellement opérationnalisées en tenant compte de la différence entre la biomasse médiane des projections sur un an et sur deux ans (ΔP_{a2-a1}) :

$$\Delta P_{a2-a1} = P_{a2} - P_{a1}$$

La variation proportionnelle des projections entre l'année 2 et l'année 1 (ΔPP_{a2-a1}) a également été calculée en utilisant :

$$\Delta PP_{a2-a1} = \frac{P_{a2} - P_{a1}}{P_{a1}}$$

Le changement a été considéré comme différent de 0 s'il était $> |0.05|$ (c.-à-d. $> |5\%|$).

Afin d'évaluer l'incidence des projections du modèle sur deux ans sur les avis de prélèvement, les prises maximales potentielles et la différence dans les prises maximales potentielles, calculées d'après les projections sur un an et deux ans, ont été évaluées pour chaque année de 2012 à 2020 pour un scénario de règle de contrôle des prises (RCP) pour chaque stock. Les scénarios de RCP étaient fondés sur la limite d'exploitation du taux d'exploitation de référence (TER) (c.-à-d. le maximum de captures autorisées associé en vertu du TER; pour le TER de la zone « a » du banc de Georges = 0,25, voir MPO 2021). Puisque le nord du banc de Brown n'a

pas de points de référence, l'exploitation associée à la variation nulle observée de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés à partir de l'analyse de la productivité a été utilisée (0,15).

Toutes les analyses ont été effectuées dans R et les figures ont été établies à l'aide des ensembles tidyverse (Wickham 2016; R Core Team 2019).

RÉSULTATS

ZONE « A » DU BANC DE GEORGES

Productivité du stock

La biomasse des pétoncles pleinement recrutés était supérieure à la médiane à long terme (18 452 tm) en 2019 et est supérieure à la médiane à long terme depuis 2010 (figure 2). La biomasse des recrues est en baisse après avoir atteint un sommet de la série chronologique en 2009 et était proche de la médiane à long terme (3 670 tm) en 2019 (figure 3). La mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés et des recrues a diminué depuis 2014 et était inférieure aux médianes à long terme (0,10 et 0,16, respectivement) en 2019 (figure 4). Les taux de croissance des pétoncles pleinement recrutés et des recrues ont affiché une variabilité interannuelle importante et, en 2019, étaient inférieurs à leurs médianes à long terme respectives (1,27 et 1,52, respectivement; figure 5). Malgré d'importantes fluctuations interannuelles de la croissance, ce stock n'a pas observé de croissance négative (taux de croissance < 1), contrairement à d'autres zones de stock de pétoncles (p. ex. section des résultats du nord du banc de Brown et Sameoto *et al.* 2024). Une variabilité interannuelle importante de la valeur *SP* a été observée tout au long de la série chronologique. La médiane annuelle *SP* pour la zone « a » du banc de Georges était de 5 016 tm et le taux *SP* médian correspondant était de 0,27; toutefois, une valeur *SP* négative a été observée six fois entre 1986 et 2019 (figure 6). Les corrélogrammes ont indiqué que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés était fortement autocorrélée à un décalage d'un an et marginalement importante à des décalages de deux ans. La biomasse des recrues et la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés présentaient également une autocorrélation importante à des décalages d'un an, tandis que la mortalité naturelle des recrues, les taux de croissance et *SP* indiquaient l'absence d'autocorrélation entre les années (figure 7).

En ce qui concerne la zone « a » du banc de George, des valeurs *SP* faibles, voire négatives, ont été observées à des niveaux de biomasse élevés, et des valeurs *SP* extrêmement variables ont été observées dans une vaste gamme de concentrations de biomasse de pétoncles pleinement recrutés (figure 8). Depuis 2000, l'exploitation est inférieure à 0,25 et le stock est demeuré dans la zone saine d'après les indications des points de référence actuels et l'approche de précaution du MPO (figure 9, MPO 2021). La variation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés était grandement liée à l'exploitation ($p = 0,02$) et l'exploitation correspondant à un changement nul de la biomasse au cours de la série chronologique était de 0,25 (figure 10).

Projections sur deux ans

La figure 11 représente le rendement de la projection de la biomasse du modèle pour les projections sur un et deux ans. Les projections de la biomasse sur deux ans ont été évaluées en fonction de trois scénarios : *SP* nulle, *SP* médiane et hypothèse du statu quo. D'après la mesure par l'incertitude de crédibilité de 90 %, une incertitude plus grande concernant la projection sur deux ans a été observée par rapport aux projections sur un an. Les projections sur deux ans ont estimé une augmentation de la fourchette de biomasse par rapport à la

projection sur un an pour : 8 des 9 années dans le cadre du scénario de production excédentaire nulle, pour 9 des 9 années dans le cadre du scénario de production excédentaire médiane, et pour 8 des 9 années pour le scénario du statu quo. Le rendement relatif de la projection sur deux ans était sensible à ses hypothèses et il n'y avait pas de scénario unique qui améliorerait systématiquement le rendement du modèle sur deux ans (figure 11).

Les points de référence de la zone « a » du banc de Georges sont calculés selon 30 % et 80 % de la biomasse moyenne modélisée de 1986 à 2009 (Smith et Hubley 2012, Hubley *et al.* 2014, MPO 2015). Pour les trois scénarios de projection sur deux ans, la probabilité que la biomasse de pétoncles pleinement recrutés pour 2021 soit supérieure au PRS du stock et dans la zone saine après avoir prélevé 4 000 tm (le TAC provisoire de 2021) est d'au moins 0,98 (figure 12, tableaux 1 à 3). Selon les prévisions, cela se traduira par un taux d'exploitation entre 0,08 et 0,1 et correspondra à une plage prévue de variation de la biomasse entre -10 % et 18 %.

Les graphiques de la différence relative dans la biomasse médiane des projections sur un an et deux ans sont présentés à la figure 13, où les valeurs négatives (positives) indiquent que la biomasse projetée sur deux ans pour l'année t était inférieure (supérieure) à la biomasse projetée sur un an au cours de l'année t . Pour le scénario indiquant une valeur SP nulle, la projection sur deux ans était inférieure à la projection sur un an pour 8 des 9 années, et plus élevée pour 1 des 9 années; cette différence variait de -51 % à 68 % (-20 800 tm et 11 600 tm; graphique de gauche de la figure 13). Pour le scénario indiquant une valeur SP médiane, la projection sur deux ans était inférieure à la projection sur un an pour 4 des 9 années et plus élevée pour 5 des 9 années; les différences variaient de -37 % à 120 % (-15 200 tm et 19 900 tm; graphique du milieu de la figure 13). Pour le scénario du statu quo, la projection sur deux ans était inférieure à la projection sur un an pour 2 des 9 années, plus élevée pour 5 des 9 années, et pas différente pour 2 des 9 années; les différences variaient de -35 % à 130 % (de -14 400 à 21 500 tm; graphique de droite de la figure 13).

L'incidence de l'utilisation des projections du modèle sur deux ans comme avis de prélèvement a été quantifiée par l'évaluation de la différence dans les prises résultant d'une projection sur un an pour l'année t à une exploitation de 0,25, et les prises résultantes d'une projection sur deux ans pour l'année t à une exploitation de 0,25. Les valeurs des prises associées à une exploitation de 0,25 à partir des projections de biomasse sur un et deux ans de chaque année de 2012 à 2020 sont présentées à la figure 14. La différence relative entre les valeurs des prises sur un an et deux ans associées à une exploitation de 0,25 est illustrée à la figure 15. Les différences négatives (positives) indiquent que les prises résultant d'une projection sur deux ans seraient plus faibles (plus élevées) que les prises associées à une projection sur un an. Pour le scénario indiquant une valeur SP nulle, les prises découlant d'une projection sur deux ans étaient inférieures à celles d'une projection sur un an pour 8 des 9 années et supérieures pour 1 des 9 années; la différence dans les prises résultantes variait de -47 % à 63 % (de -5 550 tm à 3 210 tm). Pour le scénario indiquant une valeur SP médiane, les prises découlant d'une projection sur deux ans étaient inférieures à celles d'une projection sur un an pour 3 des 9 années, plus élevées pour 5 des 9 années, et pas différentes pour 1 des 9 années; la différence dans les prises résultantes variait de -33 % à 110 % (de -3 810 tm à 5 520 tm). Pour le scénario du statu quo, les prises découlant de la projection sur deux ans étaient inférieures à la projection sur un an pour 2 des 9 années, plus élevées pour 5 des 9 années, et pas différentes pour 2 des 9 années; les différences dans les prises résultantes variaient de -33 % à 110 % (de -3 880 tm à 5 740 tm).

NORD DU BANC DE BROWN

Productivité du stock

La biomasse des pétoncles pleinement recrutés et des recrues était inférieure à leurs médianes à long terme (5 401 tm et 503 tm, respectivement) en 2019 (figures 16 et 17); toutefois, la série chronologique de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés est dominée par un seul événement de recrutement qui a été observé pour la première fois dans la fourchette de tailles des recrues en 2000. Cet événement de recrutement s'est déroulé de 2000 à 2002 et a par la suite triplé la biomasse des pétoncles pleinement recrutés dans le nord du banc de Brown de 1999 à 2003 (figures 16 et 17). Une variabilité interannuelle importante a été observée dans la mortalité naturelle des pétoncles pleinement recrutés et des recrues, et les deux étaient inférieurs à leurs médianes à long terme respectives (0,07 et 0,16) en 2019 (figure 18). Les taux de croissance des pétoncles pleinement recrutés et des recrues démontrent également une variabilité interannuelle importante et, en 2019, ces taux étaient proches de leurs médianes à long terme respectives (1,17 et 1,37); les taux de croissance ont généralement été positifs (c'est-à-dire supérieurs à 1), à l'exception du taux de croissance des pétoncles pleinement recrutés en 2000 (figure 19). Une variabilité interannuelle importante de la valeur SP a été observée tout au long de la série chronologique (figure 20). La valeur médiane annuelle SP dans le nord du banc de Brown était de 590 tm et le taux médian SP correspondant était de 0,13; toutefois, une valeur SP négative a été observée sept fois entre 1991 et 2019 et le taux SP a varié d'un minimum de -0,22 en 2005 à un maximum de 1,05 en 1992 (figure 20). Les corrélogrammes ont indiqué que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés était significativement autocorrélée à des décalages d'un an et de deux ans, aussi bien SP que la biomasse des recrues affichaient une autocorrélation importante à des décalages d'un an, tandis que la mortalité naturelle et les taux de croissance ne présentaient aucune autocorrélation entre les années (figure 21).

Dans le nord du banc de Brown, les taux SP les plus élevés ont été observés aux niveaux les plus bas de biomasse des pétoncles pleinement recrutés, avec une variabilité substantielle dans la valeur SP observée dans les niveaux de biomasse similaires. Une valeur SP extrêmement variable, y compris des taux négatifs, a été observée dans une fourchette importante de niveaux de biomasse des pétoncles pleinement recrutés (figure 22). L'exploitation dans le nord du banc de Brown était inférieure à 0,15, à l'exception de 1995, 1996, 2004, 2008 et 2017 (figure 23). Pour 1996, 2008 et 2017, bien que l'exploitation ait été élevée, la biomasse des pétoncles pleinement recrutés n'a pas fortement diminué l'année suivante; cela est probablement attribuable à la SP moyenne ci-dessus qui s'est produite pendant ou immédiatement après ces années d'exploitation plus élevées (figures 20 et 23). L'exploitation était grandement liée à la variation de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés ($p < 0,01$), et l'exploitation correspondant à une variation nulle de la biomasse au cours de la série chronologique était de 0,15 (figure 24).

Projections sur deux ans

La figure 25 représente la projection du modèle de la biomasse pour les projections sur un an et sur deux ans. Les projections de la biomasse sur deux ans ont été évaluées en fonction de trois scénarios : SP nulle, SP médiane et hypothèse du statu quo. D'après la mesure par l'incertitude de crédibilité de 90 %, une incertitude plus grande concernant la projection sur deux ans a été observée par rapport à la projection sur un an. Les projections sur deux ans ont estimé une augmentation de la fourchette de biomasse par rapport à la projection sur un an pour 8 des 9 années dans chaque scénario. Le scénario indiquant une valeur SP nulle a obtenu de bons résultats au cours de la période évaluée dans le nord du banc de Brown par rapport

aux autres scénarios sur deux ans. Il n'y a actuellement aucun point de référence adopté pour le nord du banc de Brown. Le prélèvement de 300 tm (le TAC provisoire de 2021) devrait entraîner un taux d'exploitation entre 0,12 et 0,14 pour les trois scénarios de projection sur deux ans évalués, et correspond à une plage prévue de variation de la biomasse comprise entre -14 % et 1 % (figure 26, tableaux 4 à 6).

Les graphiques de la différence relative dans la biomasse médiane des projections sur un an et deux ans sont présentés à la figure 27, où les valeurs négatives (positives) indiquent que la biomasse projetée sur deux ans pour l'année t était inférieure (supérieure) à la biomasse projetée sur un an au cours de l'année t . Pour le scénario indiquant une valeur SP nulle, la projection sur deux ans était inférieure à la projection sur un an pour 3 des 9 années, plus élevée pour 3 des 9 années et pas différente pour 3 des 9 années; cette différence variait de -44 % à 21 % (-1 810 tm et 768 tm; graphique de gauche de la figure 27). Pour le scénario indiquant une valeur SP médiane, la projection sur deux ans était inférieure à la projection sur un an pour 2 des 9 années, plus élevée pour 6 des 9 années et pas différente pour 1 des 9 années; les différences variaient de -36 % à 37 % (-1 500 tm et 1 490 tm; graphique du milieu de la figure 27). Pour le scénario du statu quo, la projection sur deux ans était inférieure à la projection sur un an pour 2 des 9 années, plus élevée pour 6 des 9 années, et pas différente pour 1 des 9 années; les différences variaient de -39 % à 62 % (de -1 610 à 3 980 tm; graphique de droite de la figure 27).

L'impact de l'utilisation des projections du modèle sur deux ans comme avis de prélèvement a été quantifié par l'évaluation de la différence potentielle dans les prises résultant d'une projection sur un an et deux ans pour l'année t à un taux d'exploitation de 0,15. Les valeurs des prises associées à une exploitation de 0,15 à partir des projections de biomasse sur un et deux ans de chaque année de 2012 à 2020 sont présentées à la figure 28. La différence relative entre les valeurs des prises sur un an et deux ans associées à une exploitation de 0,15 est illustrée à la figure 29. Les différences négatives (positives) indiquent que les prises résultant d'une projection sur deux ans seraient plus faibles (plus élevées) que les prises associées à une projection sur un an. Pour le scénario indiquant une valeur SP nulle, les prises découlant d'une projection sur deux ans étaient inférieures à celles d'une projection sur un an pour 3 des 9 années, plus élevées pour 3 des 9 années, et pas différentes pour 3 des 9 années; la différence dans les prises résultantes variait de -42 % à 22 % (de -290 tm à 148 tm). Pour le scénario indiquant une valeur SP médiane, les prises découlant d'une projection sur deux ans étaient inférieures à celles d'une projection sur un an pour 2 des 9 années, plus élevées pour 6 des 9 années, et pas différentes pour 1 des 9 années; la différence dans les prises résultantes variait de -35 % à 37 % (de -240 tm à 245 tm). Pour le scénario du statu quo, les prises découlant de la projection sur deux ans étaient inférieures à la projection sur un an pour 2 des 9 années, plus élevées pour 6 des 9 années, et pas différentes pour 1 des 9 années; les différences dans les prises résultantes variaient de -39 % à 55 % (de -267 tm à 603 tm).

CONCLUSION

Les stocks de pétoncles dans la zone « a » du banc de Georges et dans le nord du banc de Brown démontrent une variabilité interannuelle importante de leur productivité, ce qui se transpose dans l'absence d'autocorrélation dans les paramètres primaires du modèle et dans la valeur SP au-delà d'un décalage d'un an. Par rapport à l'utilisation de projections sur un an, l'utilisation de projections sur deux ans comme base pour les décisions de gestion à long terme entraînerait un risque important de perte de prises potentielles ou de surexploitation. De plus, les évaluations du rendement des projections sur deux ans devraient être considérées comme des essais indépendants et non comme une série chronologique. Par exemple, si une projection sur deux ans avait été utilisée pour décider du niveau de prélèvement dans la zone

« a » du banc de Georges au cours de l'année t , et si la projection de la biomasse sur deux ans avait surestimé la biomasse sur un an de 100 %, deux fois plus de prises pourraient être capturées cette année-là et les conséquences de cette surexploitation potentielle seraient reportées aux années suivantes. Cette analyse n'évalue que la différence potentielle dans la récolte au cours d'une année donnée à l'aide d'une projection sur deux ans, et non les effets de suivi futurs qui auraient pu se produire si cette décision avait été prise. Dans le contexte de la prise de décision tactique sur un an et en l'absence de données de relevé de 2020, ces projections sur deux ans fournissent un contexte pour la prise de décision concernant les niveaux de prélèvement de 2021.

Pour la zone « a » du banc de Georges, le taux SP médian à long terme (0,27) et les résultats pour le changement nul dans les analyses de la biomasse (0,25) concordent avec les analyses précédentes de ce stock. Jonsen *et al.* (2009) ont déclaré un taux d'exploitation de 0,27 qui n'a entraîné aucun changement dans la biomasse (de 1981 à 2007) et l'industrie a proposé l'exploitation moyenne de 0,25 comme TER pour l'approche de précaution, qui a par la suite été adoptée par le MPO (Smith et Hubley 2012, MPO 2021). Bien qu'il y ait eu autocorrélation dans certains paramètres, l'effet cumulatif de ces paramètres dans la production excédentaire résultante n'a montré aucune autocorrélation importante. Cela s'est traduit par une production excédentaire interannuelle variable observée et il n'y avait pas de « meilleur » scénario clair à supposer pour la projection sur deux ans. Bien qu'aucun scénario de projection sur deux ans supposant une production excédentaire négative n'ait été évalué, on reconnaît qu'une production excédentaire négative a été observée 18 % du temps pour ce stock. Pour les trois scénarios de projection sur deux ans, la probabilité que la biomasse de pétoncles pleinement recrutés pour 2021 soit supérieure au PRS du stock et dans la zone saine après avoir prélevé 4 000 tm (le TAC provisoire de 2021) est d'au moins 0,98; selon les prévisions, cela se traduira par un taux d'exploitation entre 0,08 et 0,1 et correspondra à une plage prévue de variation de la biomasse entre -10 % et 18 %.

Pour le nord du banc de Brown, le taux SP médian à long terme (0,13) et les résultats de la variation nulle dans les analyses de la biomasse (0,15) soutiennent un taux de production excédentaire plus élevé que celui rapporté précédemment pour ce stock. Smith et Hubley (2012) ont déclaré un taux d'exploitation de 0,09 qui n'a entraîné aucun changement dans la biomasse (de 1991 à 2010). Il y avait une autocorrélation importante dans les séries chronologiques de la production excédentaire et de la biomasse des recrues à des décalages d'un an et dans les biomasses des pétoncles pleinement recrutés à des décalages d'un an et deux ans. Toutefois, cette autocorrélation sur deux ans ne s'est pas traduite par des projections fiables sur deux ans selon les scénarios évalués dans la présente analyse. Les scénarios de statu quo et indiquant une valeur SP médiane pour la projection sur deux ans ont eu tendance à surestimer la biomasse des pétoncles pleinement recrutés par rapport à la projection sur un an. Le scénario indiquant une valeur SP nulle avait tendance à fournir de meilleures projections sur deux ans que ces autres scénarios, car il n'y a pas eu de fluctuations majeures de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de la période évaluée (d'importantes fluctuations de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés ont été observées avant 2010). Bien qu'aucun scénario de projection sur deux ans supposant une production excédentaire négative n'ait été évalué, on reconnaît qu'une production excédentaire négative a été observée 25 % du temps pour ce stock. Pour les trois scénarios de projection sur deux ans, le prélèvement de 300 tm (le TAC provisoire de 2021) devrait entraîner un taux d'exploitation compris entre 0,12 et 0,14 et correspond à une plage prévue de variation de la biomasse entre -14 % et 1 %.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Tricia Pearo Drew (MPO) d'avoir dirigé le relevé sur les pétoncles dans la zone hauturière et partagé son expertise en matière de données commerciales et ses nombreuses autres contributions au programme. Nous remercions également les nombreux employés actuels et passés du MPO qui ont apporté de précieuses contributions au programme des ressources extracôtières. Nous remercions aussi l'industrie du pétoncle dans la zone hauturière, à l'Association des producteurs de fruits de mer de la Nouvelle-Écosse (SPANS), à Clearwater et aux nombreux équipages de l'industrie qui ont participé aux relevés annuels sur le pétoncle, qui sont essentiels à la communication de ces avis. Nous remercions l'équipe de CSASdown pour l'élaboration des outils utilisés pour créer ce manuscrit. Enfin, nous remercions Adam Cook et Heather Bowlby pour leurs commentaires utiles.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York.
- Hubley, B., Glass, A., Reeves, A., Sameoto, J., and Smith, S.J. 2011. [Browns Bank North Scallop \(*Placopecten magellanicus*\) Stock Assessment](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/042. vi + 63p.
- 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.
- MPO. 2015. [Mise à jour de l'évaluation du pétoncle du banc de Georges \(*Placopecten magellanicus*\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/025.
- MPO. 2020. [Mise à jour de l'état du stock de pétoncles \(*Placopecten magellanicus*\) de la zone « a » du banc de Georges pour la saison de pêche 2020](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2020/043.
- MPO. 2021. [Plans de gestion intégrée des pêches : Pêche côtière du pétoncle - Région des Maritimes – 2015](#). Pêches et Océans Canada.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sameoto, J.A., Keyser, F.M. et Keith, D.M. 2024. [Évaluation de la productivité des stocks dans les zones de production de pétoncles de la baie de Fundy et dans la zone de pêche du pétoncle 29 ouest ainsi que de l'incidence des projections sur deux ans](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/065. iv + 110 p.
- Smith, S.J., and Hubley, P.B. 2012. [Reference Points for Scallop Fisheries in the Maritimes Region](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/018. ii + 16 p. (Erratum: August 2012).
- Walters, C.J.W.J., Hilborn, R.H., and Christensen, V.C. 2008. [Surplus production dynamics in declining and recovering fish populations](#). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 65(11): 2536–2551.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag New York.

TABLEAUX

Tableau 1. Scénarios de captures pour la zone « a » du banc de Georges en 2021 selon le taux d'exploitation et les changements prévus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Les captures potentielles en 2021 sont évaluées en fonction de la probabilité d'une baisse de la biomasse et de la probabilité que celle-ci dépasse les points de référence supérieurs (PRS) et les points de référence limites (PRL). Ces probabilités tiennent compte de l'incertitude dans les prévisions de la biomasse et sont présentées en supposant une production excédentaire nulle de 2020 à 2021.

Prises (tm)	Taux d'exploitation	Probabilité que la biomasse diminue	Changement prévu de la biomasse (%)	Probabilité que la biomasse dépasse le PRL	Probabilité que la biomasse dépasse le PRS
1 800	0,05	0,56	-5,0	> 0,99	0,98
2 300	0,06	0,57	-6,0	> 0,99	0,98
2 700	0,07	0,59	-7,1	> 0,99	0,98
3 100	0,08	0,60	-7,9	> 0,99	0,98
3 600	0,09	0,61	-9,1	> 0,99	0,98
4 000	0,10	0,63	-10,1	> 0,99	0,98
4 400	0,11	0,64	-10,8	> 0,99	0,98
4 900	0,12	0,65	-12,0	> 0,99	0,98
5 200	0,13	0,66	-13,2	> 0,99	0,98
5 700	0,14	0,68	-14,0	> 0,99	0,97
6 100	0,15	0,69	-15,1	> 0,99	0,97
6 600	0,16	0,70	-15,9	> 0,99	0,97
7 000	0,17	0,72	-17,2	> 0,99	0,97
7 400	0,18	0,73	-18,1	> 0,99	0,97
7 800	0,19	0,74	-19,0	> 0,99	0,97
8 300	0,20	0,75	-20,2	> 0,99	0,96
8 700	0,21	0,77	-21,3	> 0,99	0,97
9 200	0,22	0,77	-21,7	> 0,99	0,96
9 600	0,23	0,79	-23,3	> 0,99	0,96
10 000	0,24	0,80	-24,3	> 0,99	0,96
10 500	0,25	0,81	-24,9	> 0,99	0,96

Tableau 2. Scénarios de captures pour la zone « a » du banc de Georges en 2021 selon le taux d'exploitation et les changements prévus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Les captures potentielles en 2021 sont évaluées en fonction de la probabilité d'une baisse de la biomasse et de la probabilité que celle-ci dépasse les points de référence supérieurs (PRS) et les points de référence limites (PRL). Ces probabilités tiennent compte de l'incertitude dans les prévisions de la biomasse et sont présentées en supposant la production excédentaire médiane de la série chronologique (0,27) de 2020 à 2021.

Prises (tm)	Taux d'exploitation	Probabilité que la biomasse diminue	Changement prévu de la biomasse (%)	Probabilité que la biomasse dépasse le PRL	Probabilité que la biomasse dépasse le PRS
2 400	0,05	0,28	20,9	> 0,99	0,99
3 000	0,06	0,29	19,9	> 0,99	0,99
3 500	0,07	0,30	18,6	> 0,99	0,99
4 100	0,08	0,31	17,6	> 0,99	0,99
4 600	0,09	0,33	16,0	> 0,99	0,99
5 200	0,10	0,34	14,5	> 0,99	0,99
5 700	0,11	0,36	13,1	> 0,99	0,99
6 300	0,12	0,36	12,5	> 0,99	0,99
6 900	0,13	0,37	11,1	> 0,99	0,99
7 300	0,14	0,39	9,2	> 0,99	0,99
8 000	0,15	0,40	8,5	> 0,99	0,99
8 400	0,16	0,42	7,2	> 0,99	0,99
9 000	0,17	0,43	5,8	> 0,99	0,99
9 600	0,18	0,44	4,7	> 0,99	0,99
10 100	0,19	0,46	2,9	> 0,99	0,99
10 700	0,20	0,48	2,0	> 0,99	0,99
11 200	0,21	0,49	0,8	> 0,99	0,99
11 700	0,22	0,51	-0,8	> 0,99	0,99
12 300	0,23	0,52	-1,9	> 0,99	0,99
12 800	0,24	0,54	-3,2	> 0,99	0,98
13 300	0,25	0,56	-4,7	> 0,99	0,98

Tableau 3. Scénarios de captures pour la zone « a » du banc de Georges en 2021 selon le taux d'exploitation et les changements prévus de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Les captures potentielles en 2021 sont évaluées en fonction de la probabilité d'une baisse de la biomasse et de la probabilité que celle-ci dépasse les points de référence supérieurs (PRS) et les points de référence limites (PRL). Ces probabilités tiennent compte de l'incertitude dans les prévisions de la biomasse et sont présentées en supposant l'hypothèse du statu quo (mêmes recrutement, mortalité et croissance que pour la projection de 2020).

Prises (tm)	Taux d'exploitation	Probabilité que la biomasse diminue	Changement prévu de la biomasse (%)	Probabilité que la biomasse dépasse le PRL	Probabilité que la biomasse dépasse le PRS
2 400	0,05	0,28	20,9	> 0,99	> 0,99
3 000	0,06	0,29	20,1	> 0,99	> 0,99
3 500	0,07	0,30	18,7	> 0,99	> 0,99
4 100	0,08	0,31	17,2	> 0,99	> 0,99
4 600	0,09	0,33	16,0	> 0,99	> 0,99
5 200	0,10	0,33	15,1	> 0,99	> 0,99
5 700	0,11	0,35	13,5	> 0,99	0,99
6 200	0,12	0,36	12,7	> 0,99	0,99
6 800	0,13	0,38	10,9	> 0,99	0,99
7 400	0,14	0,38	10,2	> 0,99	0,99
7 900	0,15	0,40	8,7	> 0,99	0,99
8 400	0,16	0,41	7,6	> 0,99	0,99
9 000	0,17	0,43	6,1	> 0,99	0,99
9 600	0,18	0,44	4,7	> 0,99	0,99
10 100	0,19	0,46	3,6	> 0,99	0,99
10 600	0,20	0,47	2,3	> 0,99	0,99
11 200	0,21	0,49	1,0	> 0,99	0,99
11 800	0,22	0,51	-0,4	> 0,99	0,99
12 300	0,23	0,52	-1,6	> 0,99	0,99
12 800	0,24	0,53	-2,7	> 0,99	0,99
13 400	0,25	0,55	-4,3	> 0,99	0,99

Tableau 4. Scénarios de captures pour le nord du banc de Brown en 2021 selon le taux d'exploitation et les changements prévus dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Les captures potentielles en 2021 sont évaluées en fonction de la probabilité d'une baisse de la biomasse. Ces probabilités tiennent compte de l'incertitude dans les prévisions de la biomasse et sont présentées en supposant une production excédentaire nulle de 2020 à 2021.

Prises (tm)	Taux d'exploitation	Probabilité que la biomasse diminue	Changement prévu de la biomasse (%)
60	0,08	0,62	-7,8
100	0,09	0,63	-8,9
140	0,10	0,65	-9,9
180	0,11	0,66	-11,0
220	0,12	0,68	-11,7
260	0,13	0,69	-12,8
300	0,14	0,71	-14,1
350	0,15	0,73	-14,9
390	0,16	0,73	-16,0
430	0,17	0,75	-17,0
470	0,18	0,76	-17,9
510	0,19	0,78	-18,9
550	0,20	0,79	-20,3
590	0,21	0,80	-21,0
630	0,22	0,81	-22,1
670	0,23	0,82	-23,0
720	0,24	0,83	-23,7
750	0,25	0,85	-25,0

Tableau 5. Scénarios de captures pour le nord du banc de Brown en 2021 selon le taux d'exploitation et les changements prévus dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Les captures potentielles en 2021 sont évaluées en fonction de la probabilité d'une baisse de la biomasse. Ces probabilités tiennent compte de l'incertitude dans les prévisions de la biomasse et sont présentées en supposant la production excédentaire médiane de la série chronologique (0,13) de 2020 à 2021.

Prises (tm)	Exploitation Taux	Probabilité de Biomasse Déclin	Changement dans la biomasse (%)
100	0,08	0,44	4,2
150	0,09	0,46	2,6
190	0,10	0,48	1,3
240	0,11	0,49	0,9
280	0,12	0,51	-0,7
330	0,13	0,52	-1,6
380	0,14	0,54	-3,0
420	0,15	0,56	-4,1
470	0,16	0,58	-5,3
510	0,17	0,59	-6,4
560	0,18	0,61	-7,5
610	0,19	0,63	-8,5
660	0,20	0,65	-10,2
700	0,21	0,66	-10,6
740	0,22	0,68	-12,1
800	0,23	0,69	-12,7
840	0,24	0,71	-14,5
880	0,25	0,73	-15,5

Tableau 6. Scénarios de captures pour le nord du banc de Brown en 2021 selon le taux d'exploitation et les changements prévus dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés. Les captures potentielles en 2021 sont évaluées en fonction de la probabilité d'une baisse de la biomasse. Ces probabilités tiennent compte de l'incertitude dans les prévisions de la biomasse et sont présentées en supposant l'hypothèse du statu quo (mêmes recrutement, mortalité et croissance que pour la projection de 2020).

Prises (tm)	Taux d'exploitation	Probabilité que la biomasse diminue	Changement prévu de la biomasse (%)
110	0,08	0,42	5,9
150	0,09	0,44	4,6
200	0,10	0,46	3,0
250	0,11	0,47	2,3
290	0,12	0,48	1,1
340	0,13	0,51	-0,4
380	0,14	0,53	-1,8
440	0,15	0,53	-2,1
480	0,16	0,55	-3,7
530	0,17	0,56	-4,3
580	0,18	0,59	-5,9
620	0,19	0,61	-7,5
670	0,20	0,62	-7,9
720	0,21	0,63	-9,1
770	0,22	0,65	-10,2
810	0,23	0,67	-11,5
860	0,24	0,69	-12,8
910	0,25	0,70	-13,6

FIGURES

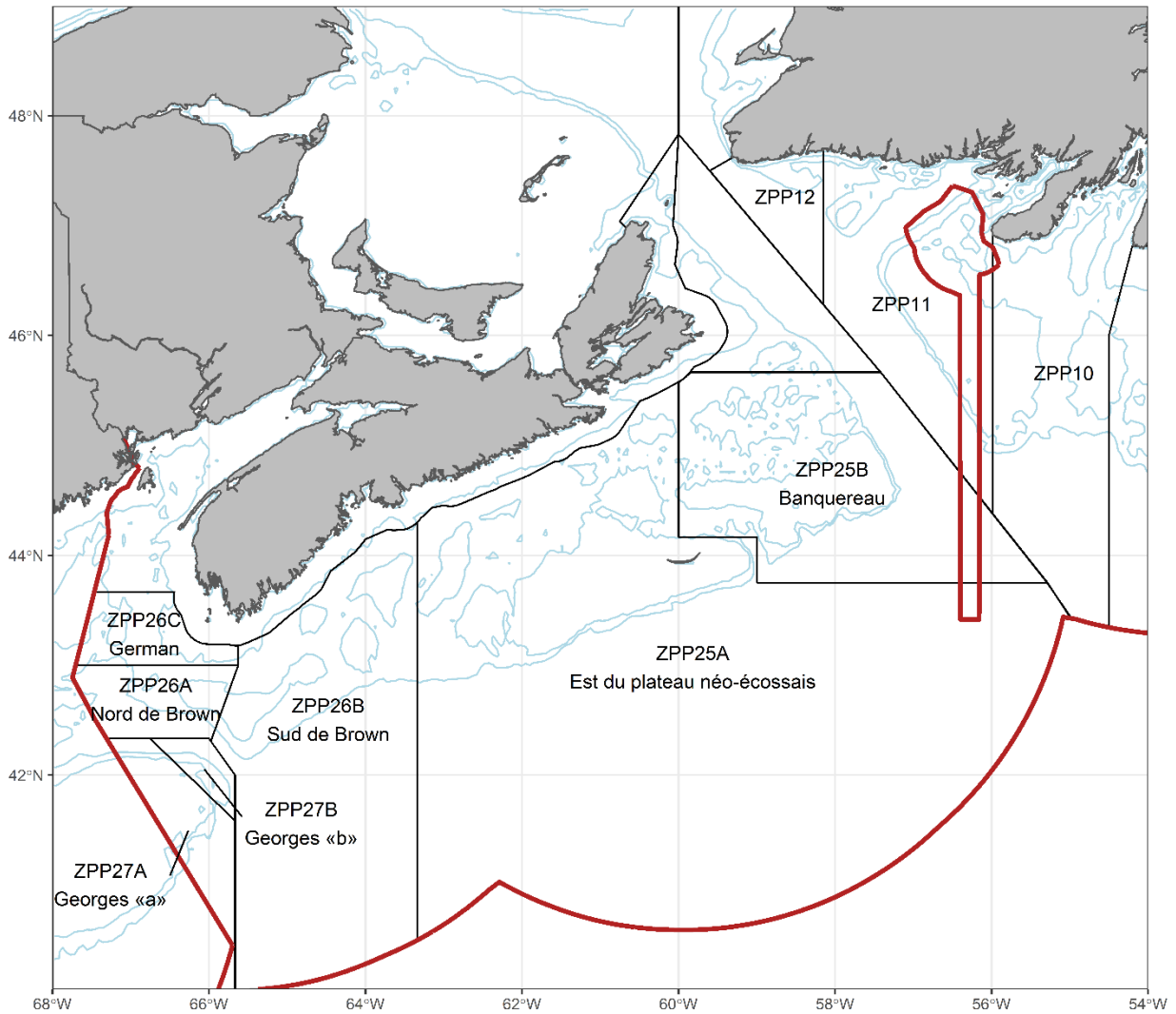


Figure 1. Carte des zones de pêche du pétoncle (ZPP) au large des côtes, qui servent à des fins de gestion dans la région des Maritimes. Il convient de souligner la division du nord du banc de Brown comme sous-zone de la ZPP 26 et celle de la zone « a » du banc de Georges comme sous-zone de la ZPP 27.

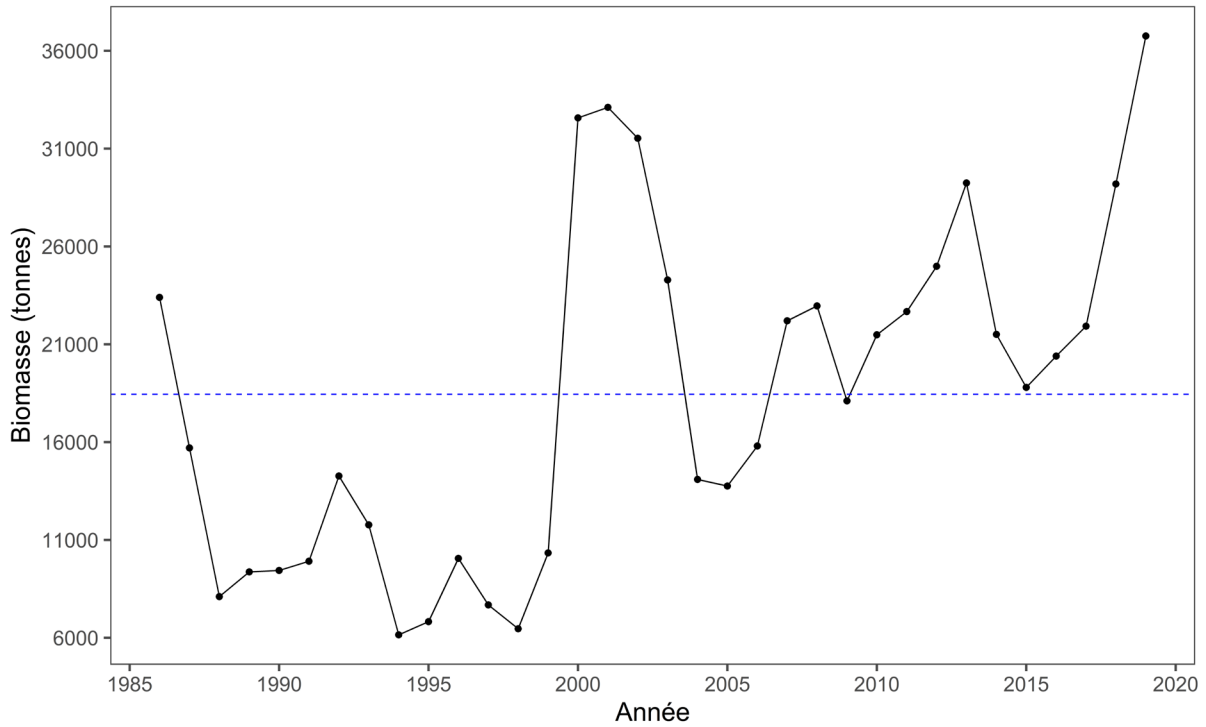


Figure 2. Séries chronologiques d'estimations médianes de la biomasse (chairs, tonnes) des pétoncles pleinement recrutés à partir du modèle d'évaluation des stocks adapté à la zone « a » du banc de Georges. La ligne tiretée bleue représente la médiane à long terme (1986–2019).

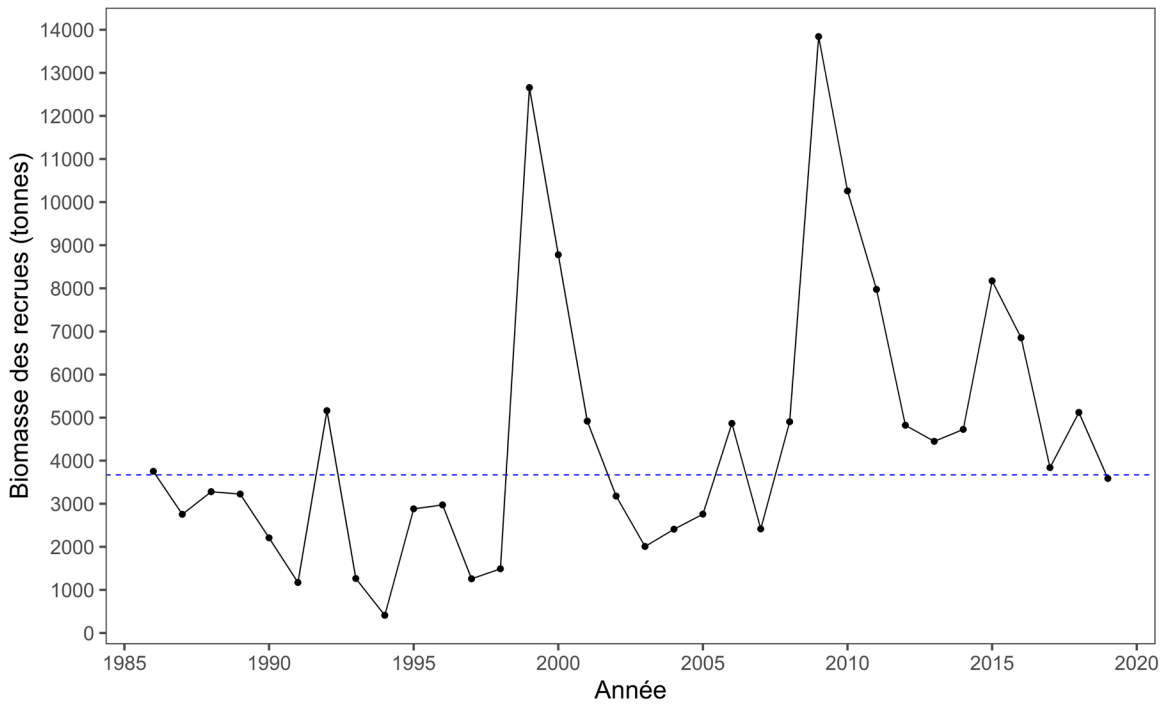


Figure 3. Les séries chronologiques des estimations médianes de la biomasse (chairs, tonnes) des pétoncles recrutés à partir du modèle d'évaluation des stocks correspondant au banc de Georges « a ». La ligne tiretée bleue représente la médiane à long terme (1986–2019).

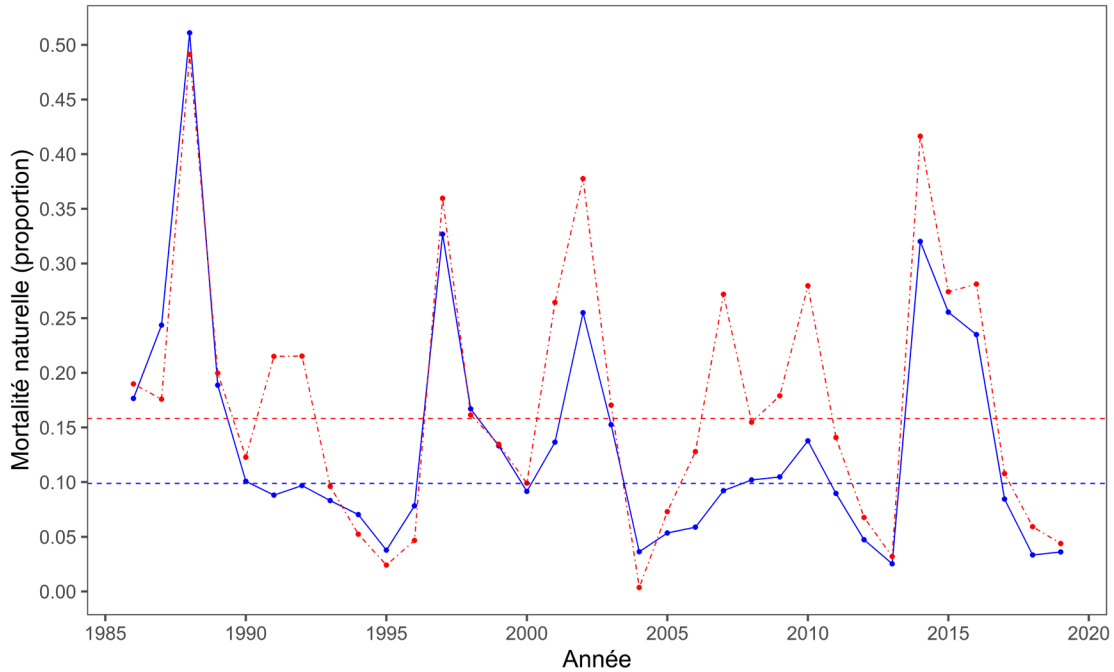


Figure 4. Les séries chronologiques d'estimations médianes de la mortalité naturelle (proportion) pour les pétoncles pleinement recrutés (bleu) et les recrues (rouge) à partir du modèle d'évaluation des stocks adapté à la zone « a » du banc de Georges. Les lignes bleues et tiretées rouges représentent les médianes à long terme (1986–2019) pour les pétoncles pleinement recrutés et les recrues, respectivement.

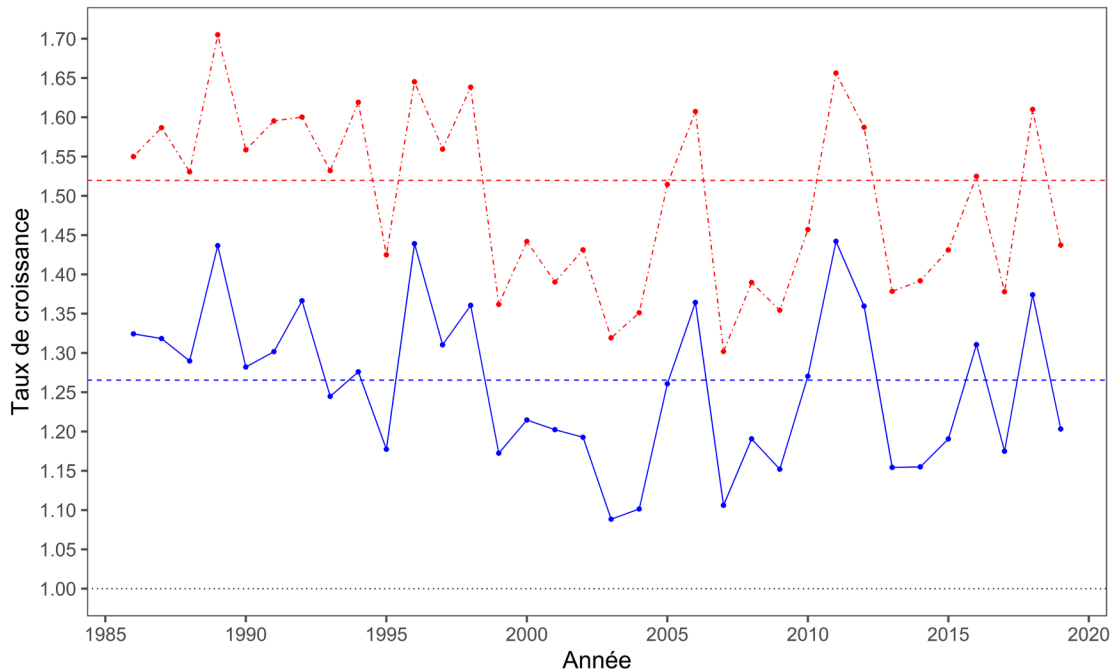


Figure 5. Séries chronologiques du taux de croissance des pétoncles pleinement recrutés (bleu) et des recrues (rouge) pour la zone « a » du banc de Georges. Les lignes bleues et tiretées rouges représentent les médianes à long terme (1986–2019) pour les pétoncles pleinement recrutés et les recrues, respectivement.

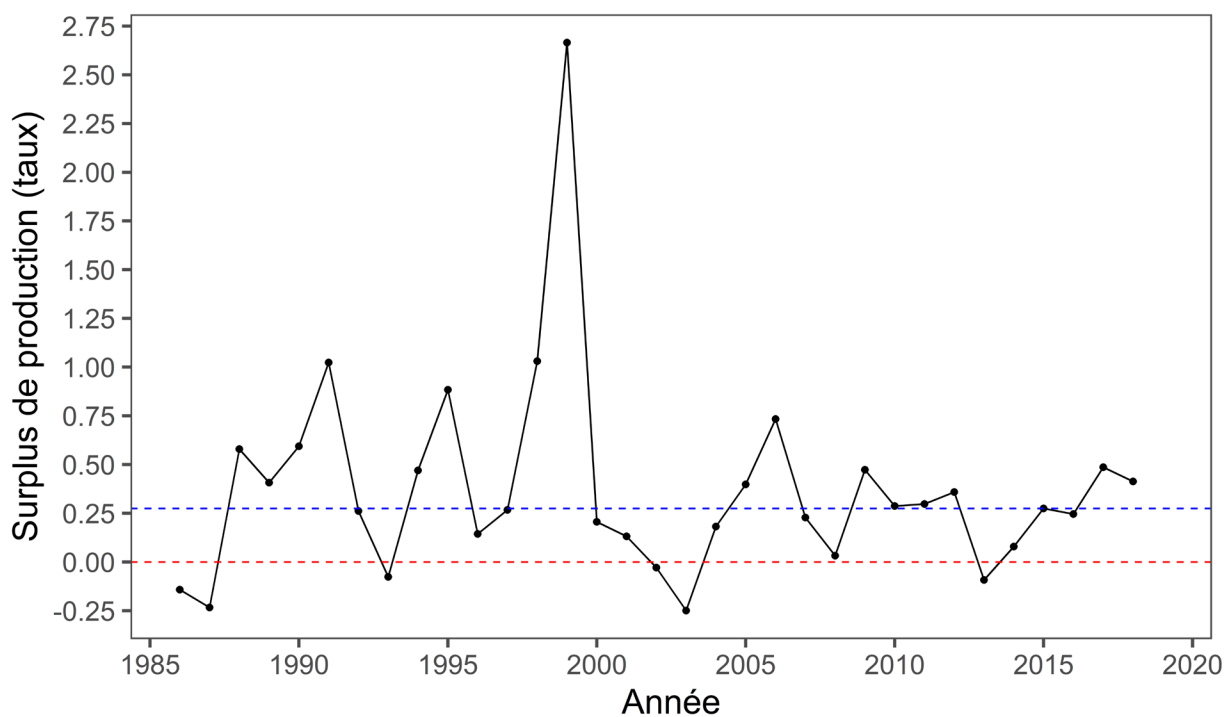
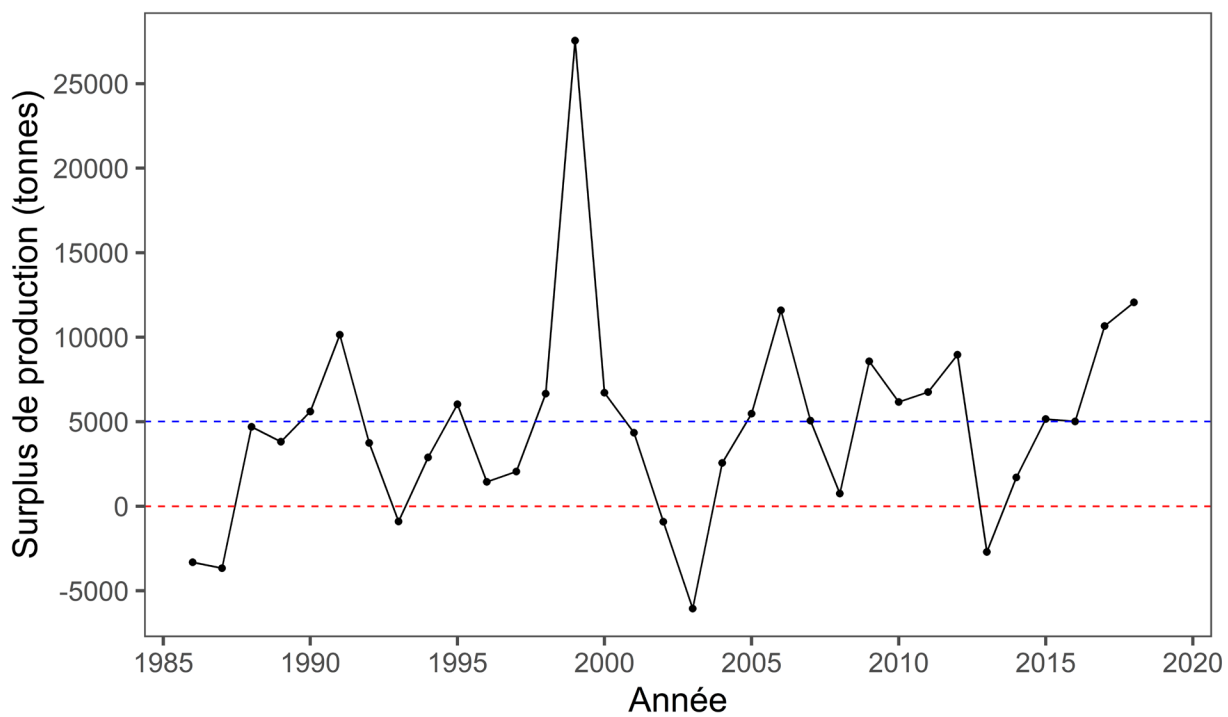


Figure 6. Séries chronologiques de la production excédentaire (chairs, tonnes) (graphique du haut) et du taux de production excédentaire (graphique du bas) de biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour la zone « a » du banc de Georges. Les lignes tiretées bleues représentent les médianes à long terme (1986–2019) et les lignes tiretées rouges représentent une production excédentaire nulle.

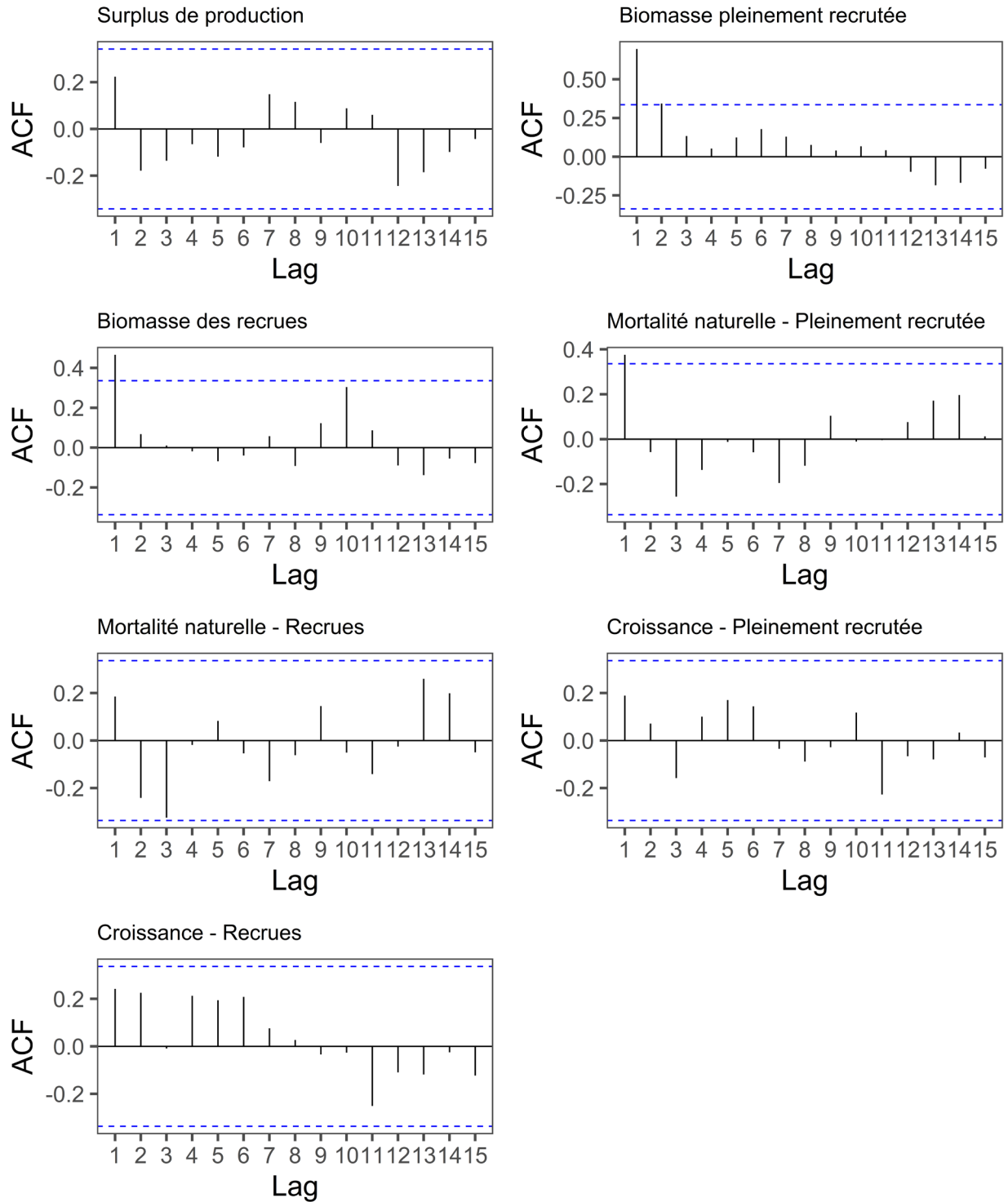


Figure 7. Fonction d'autocorrélation (FAC) dans les paramètres du modèle d'évaluation et les séries chronologiques de production excédentaire pour la zone « a » du banc de Georges. Les lignes tiretées bleues représentent les intervalles de confiance à 95 %.

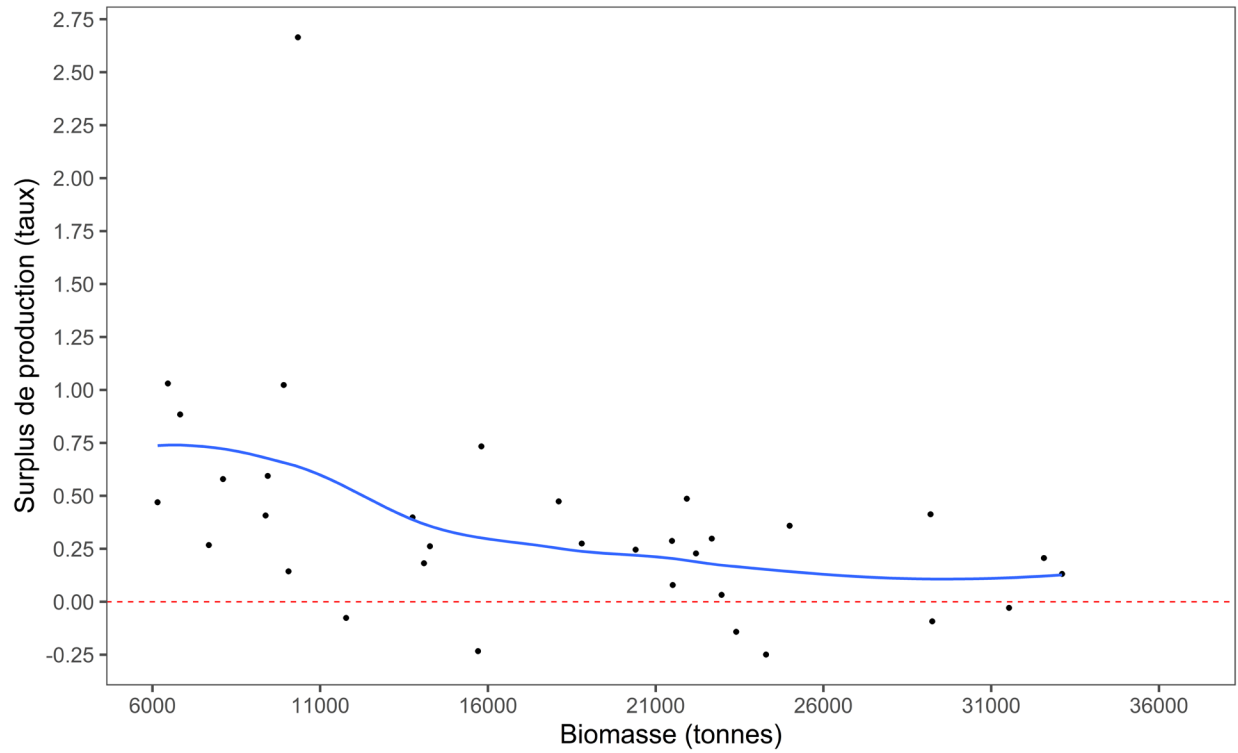


Figure 8. Production excédentaire (taux) de biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour la zone « a » du banc de Georges. La ligne tiretée rouge représente une production excédentaire nulle. La ligne bleue représente une courbe de lœss ajoutée pour détecter la tendance.

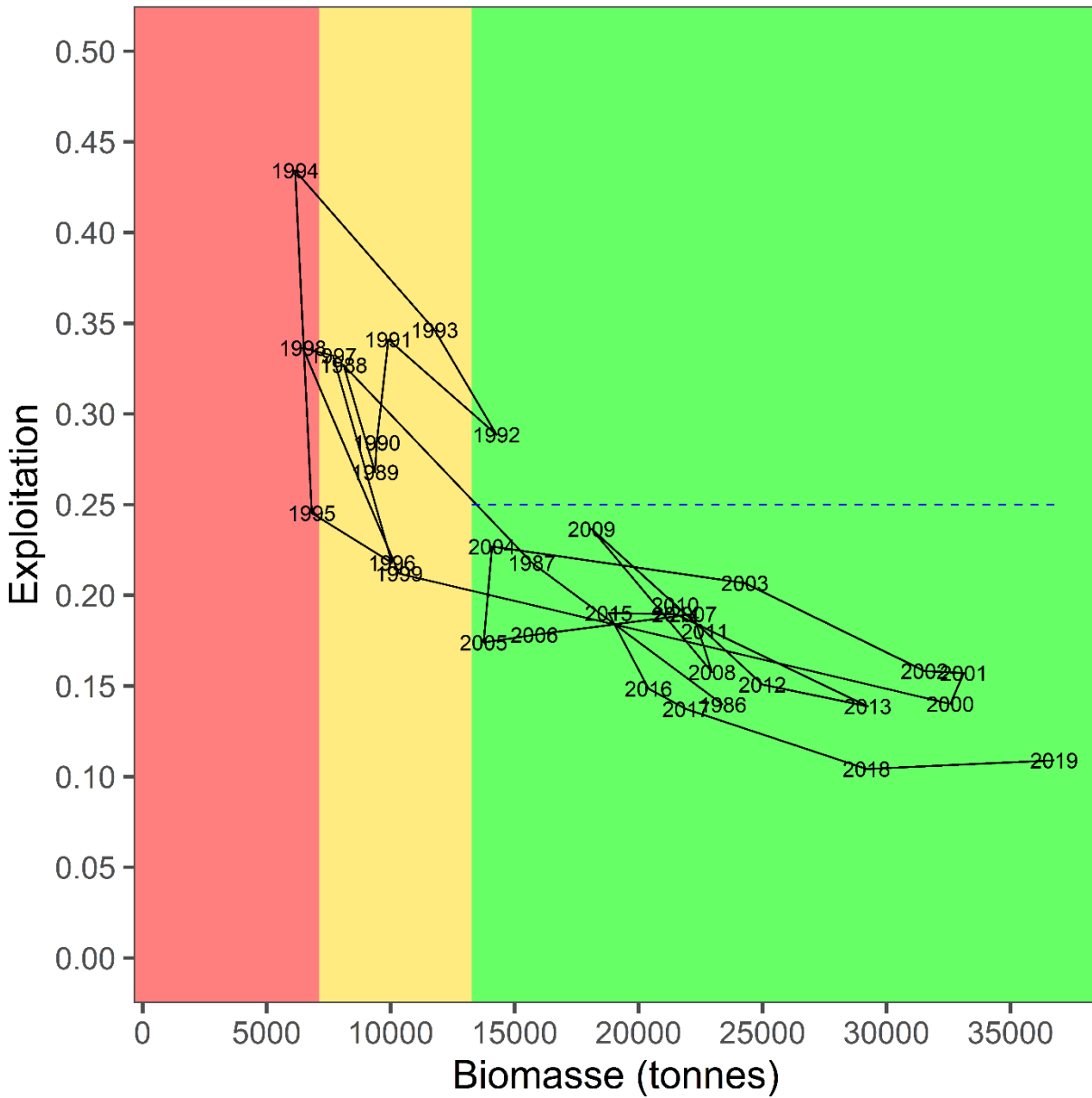


Figure 9. Diagramme de phase de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (chairs, tonnes) et exploitation pour la zone « a » du banc de Georges. Les étiquettes font référence à l'année du relevé. La zone verte représente la zone saine, la zone jaune représente la zone de prudence et la zone rouge représente la zone critique.

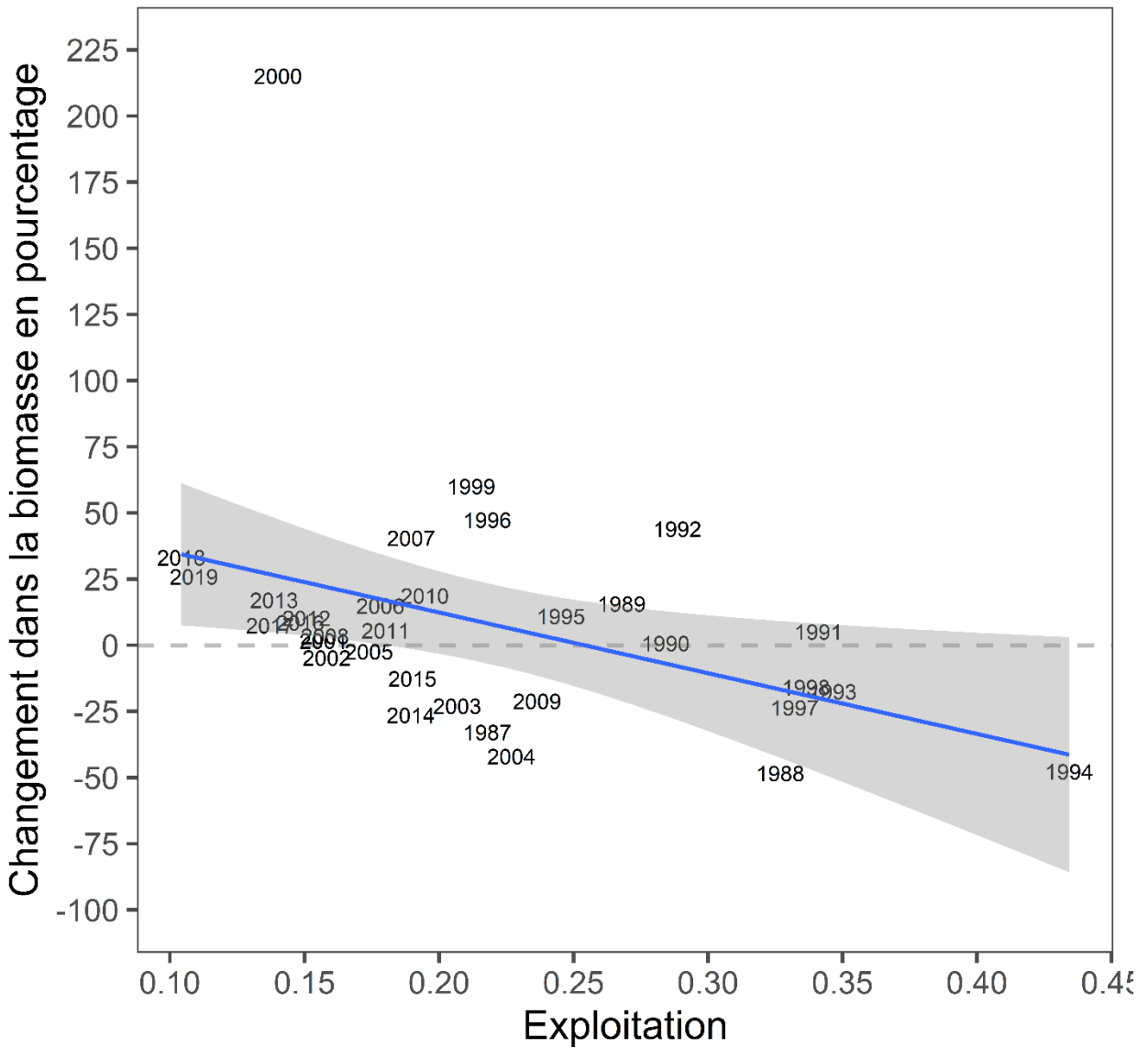


Figure 10. Comparaison du taux d'exploitation par rapport à la variation en pourcentage de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour la zone « a » du banc de Georges. Les étiquettes de l'année t représentent le changement de l'année $t - 1$ à t . Le taux d'exploitation à une variation nulle de la biomasse est indiqué sur la base d'un modèle linéaire (ligne bleue) avec un IC à 95 % (ruban gris).

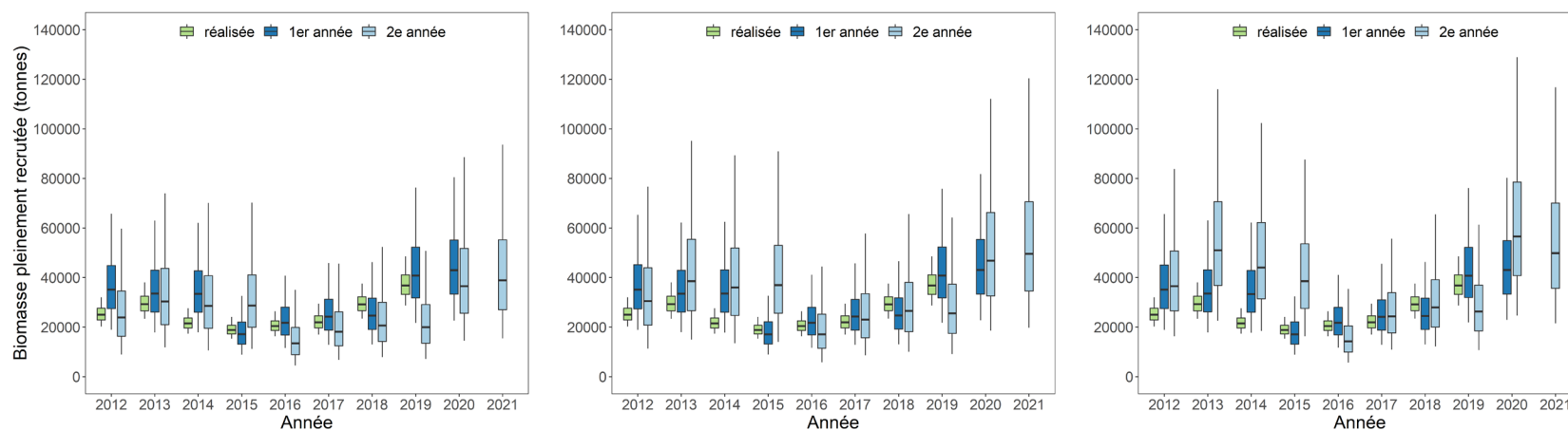


Figure 11. Évaluation du rendement de la projection du modèle de 2012 à 2021 dans la zone « a » du banc de Georges. Les diagrammes de quartiles verts résument la distribution a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour l'année t à l'aide des données allant jusqu'à l'année t inclusivement (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2012, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu foncé résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 1$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2011, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu clair résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 2$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2010, inclusivement). Les diagrammes de quartiles montrent les limites médianes (ligne horizontale), les limites de crédibilité de 50 % (boîte) et les limites de crédibilité de 90 % (moustaches). Les projections pour 2020 supposent des débarquements de 4 096 tm, et pour 2021, une prise du total autorisé des captures provisoire de 4 000 tm. Évaluations des prévisions présentées pour trois scénarios de projection sur deux ans; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et hypothèse du statu quo (c.-à-d. les mêmes conditions que la projection sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite).

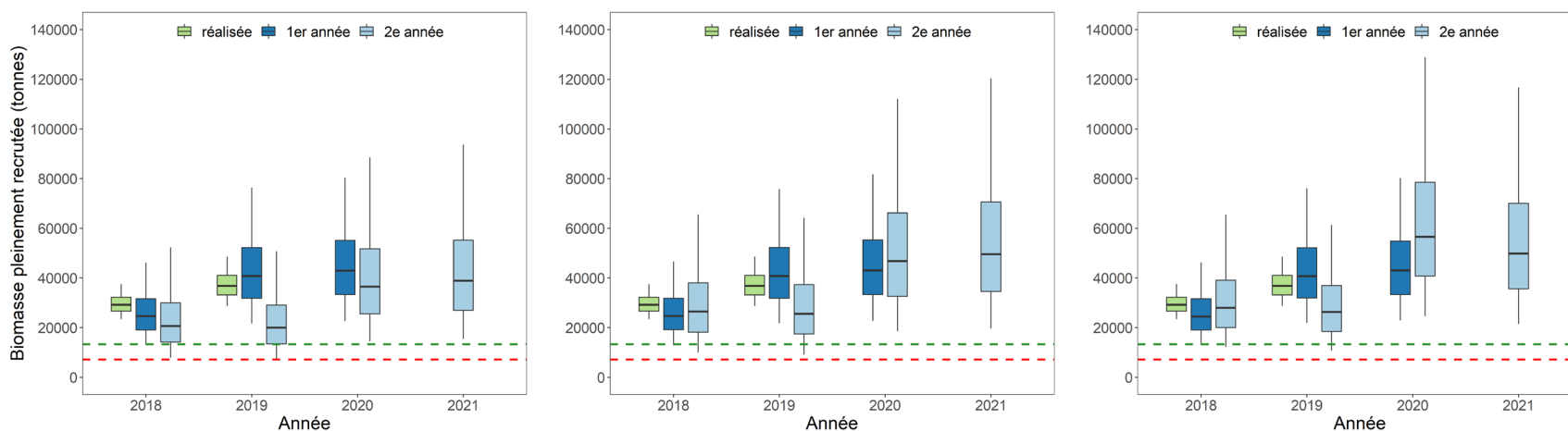


Figure 12. Évaluation du rendement des projections du modèle de 2018 à 2021 pour la zone « a » du banc de Georges par rapport au point de référence supérieur du stock (PRS, ligne tiretée verte) et au point de référence limite (PRL, ligne tiretée rouge). Les diagrammes de quartiles verts résument la distribution a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t à l'aide de données jusqu'à l'année t , inclusivement (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2012, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu foncé résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 1$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2011, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu clair résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 2$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2010, inclusivement). Les diagrammes de quartiles montrent les limites médianes (ligne horizontale), les limites de crédibilité de 50 % (boîte) et les limites de crédibilité de 90 % (moustaches). Les projections pour 2020 supposent des débarquements de 4 096 tm, et pour 2021, une prise du total autorisé des captures provisoire de 4 000 tm. Évaluations des prévisions présentées pour trois scénarios de projection sur deux ans; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et hypothèse du statu quo (c.-à-d. les mêmes conditions que la projection sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite).

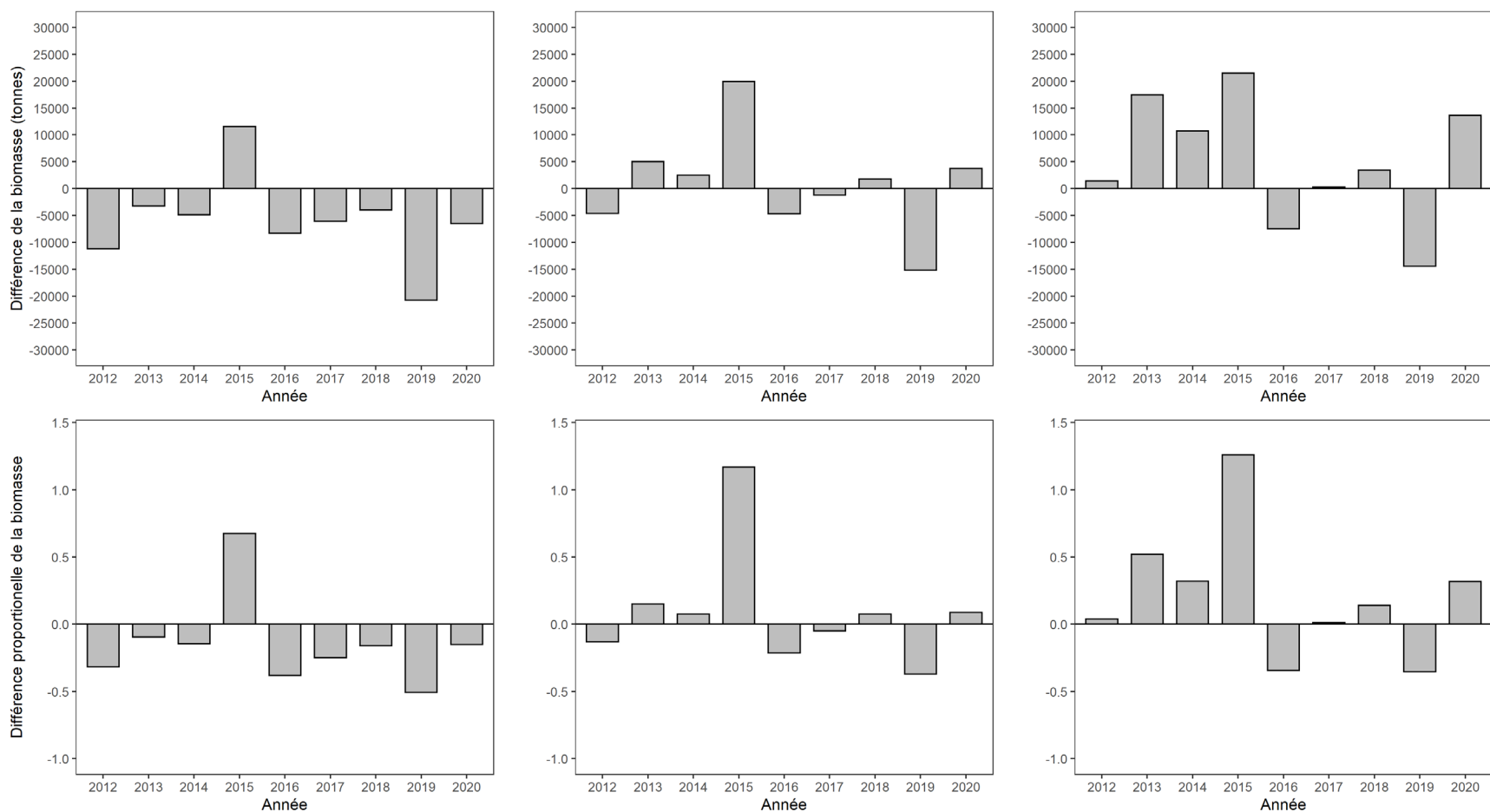


Figure 13. Différence dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés entre les projections sur deux ans et sur un an pour chaque année (t) de 2012 à 2020 pour la zone « a » du banc de Georges. Graphique du haut en tonnes (tm) de chairs et graphique du bas en proportion. Les valeurs positives indiquent que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés prévue sur deux ans pour l'année t dépassait l'estimation prévue sur un an de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t. Les valeurs négatives indiquent que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés prévue sur deux ans pour l'année t était inférieure à l'estimation prévue sur un an de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t.

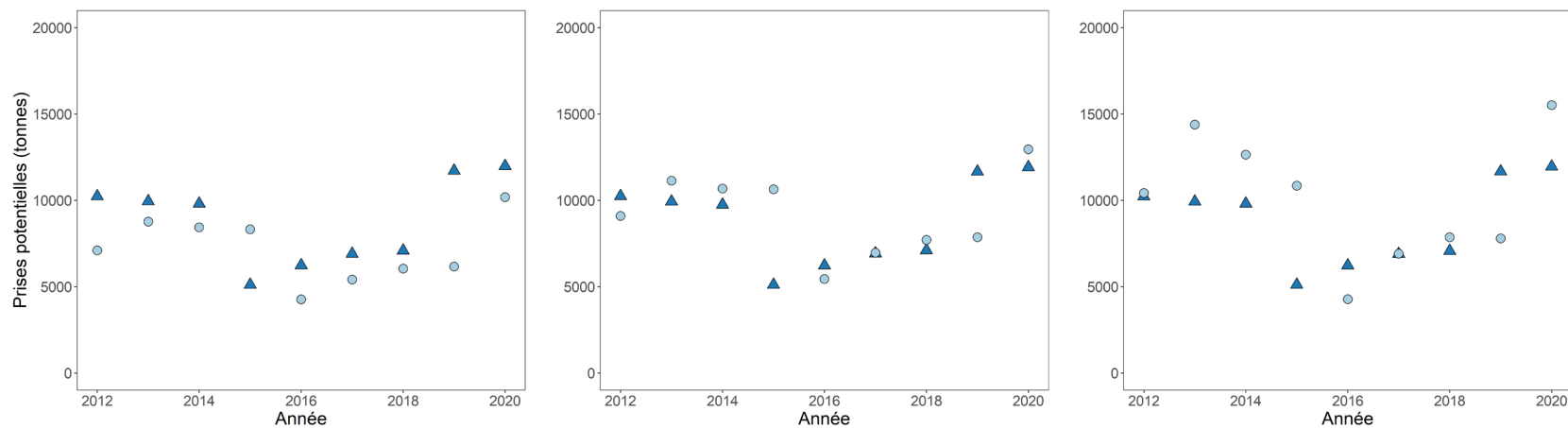


Figure 14. Prises d'après les projections sur un an et deux ans pour l'année t où l'exploitation est de 0,25 pour la zone « a » du banc de Georges pour trois scénarios de projection sur deux ans; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et l'hypothèse du statu quo (c.-à-d. les mêmes conditions que les projections sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite). Les triangles bleu foncé représentent la projection sur un an et les cercles bleu clair représentent la projection sur deux ans.

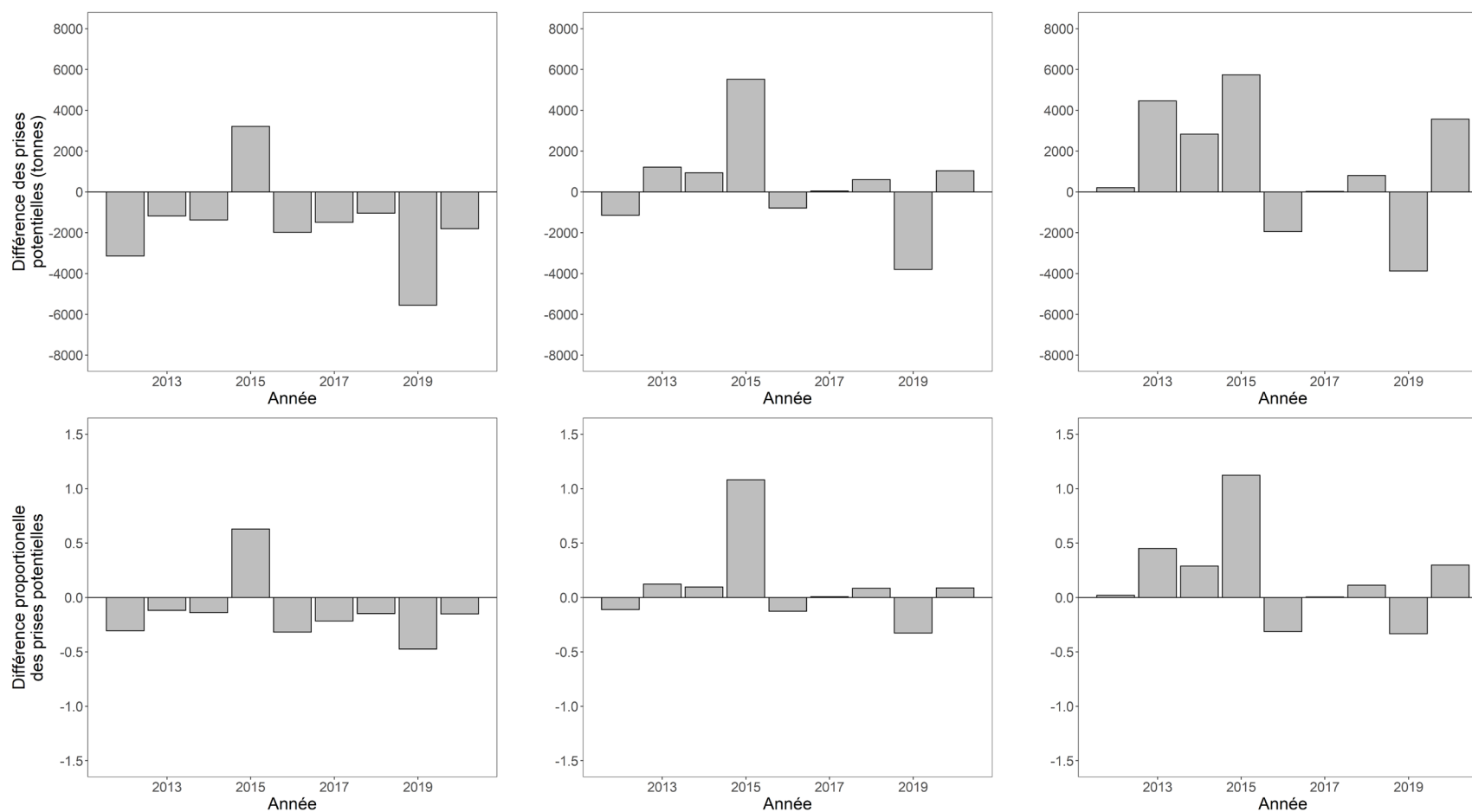


Figure 15. Différence dans les prises entre l'utilisation d'une projection sur un an pour l'année t et une projection sur deux ans pour l'année t en utilisant une exploitation de 0,25 pour la zone « a » du banc de Georges. Graphiques du haut en tonnes (tm) et graphiques du bas en proportion. Les valeurs positives indiquent que la limite de capture associée est plus élevée en utilisant la projection sur deux ans qu'une projection sur un an pour l'année t . Les valeurs négatives indiquent que la limite de prises associée est plus faible en utilisant la projection sur deux ans qu'une projection sur un an pour l'année t . Projections sur deux ans effectuées pour trois scénarios; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et hypothèse du statu quo (c.-à-d. les mêmes conditions que les projections sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite).

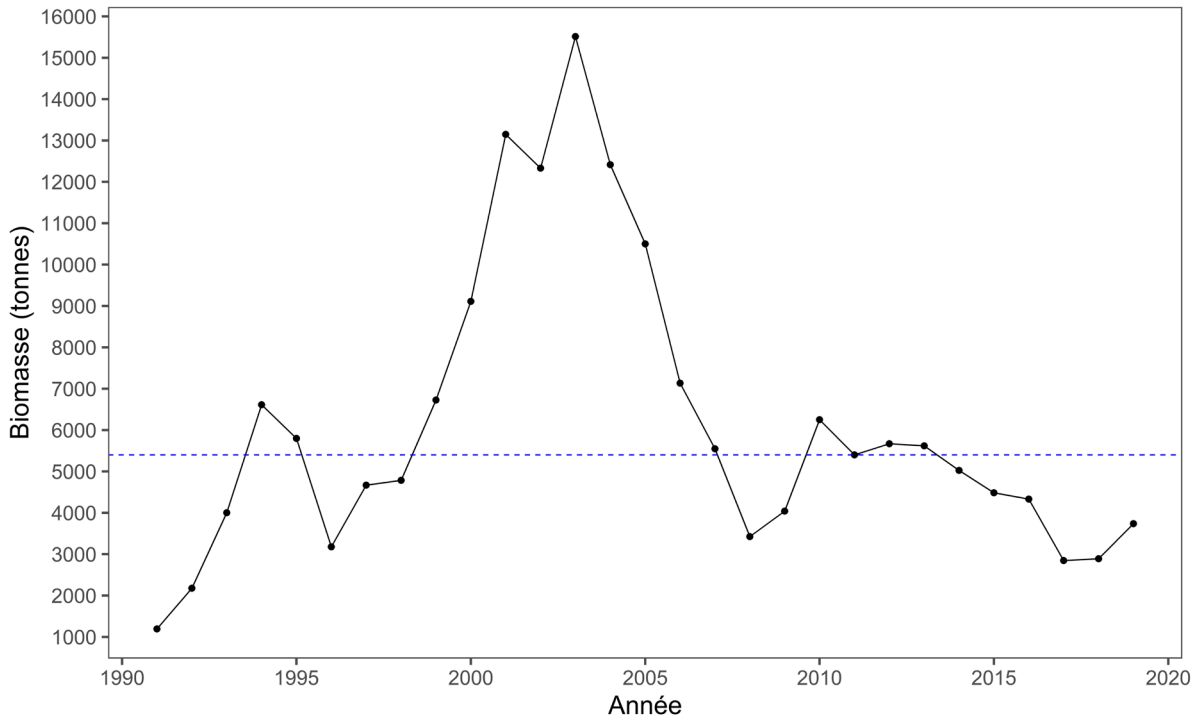


Figure 16. Série chronologique d'estimations de la biomasse médiane (chairs, tonnes) des pétoncles pleinement recrutés à partir du modèle d'évaluation des stocks adapté au nord du banc de Brown. La ligne tiretée bleue représente la médiane à long terme (1991–2019).

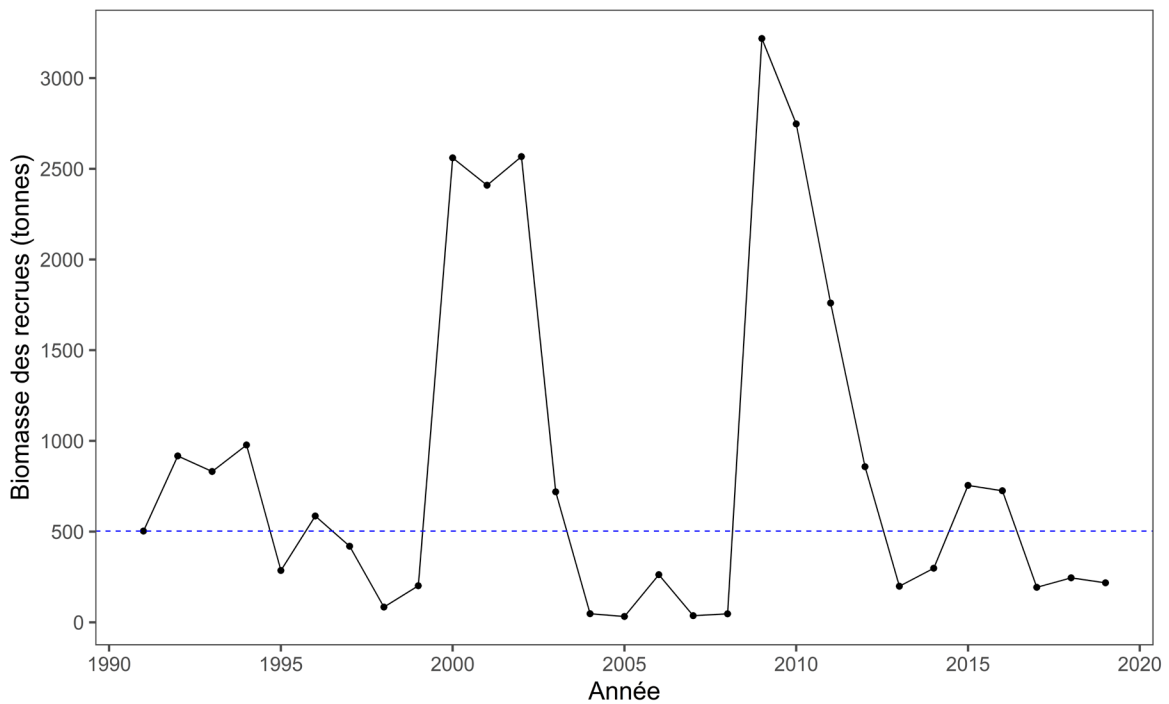


Figure 17. Série chronologique d'estimations de la biomasse médiane (chairs, tonnes) des recrues à partir du modèle d'évaluation des stocks adapté au nord du banc de Brown. La ligne tiretée bleue représente la médiane à long terme (1991–2019).

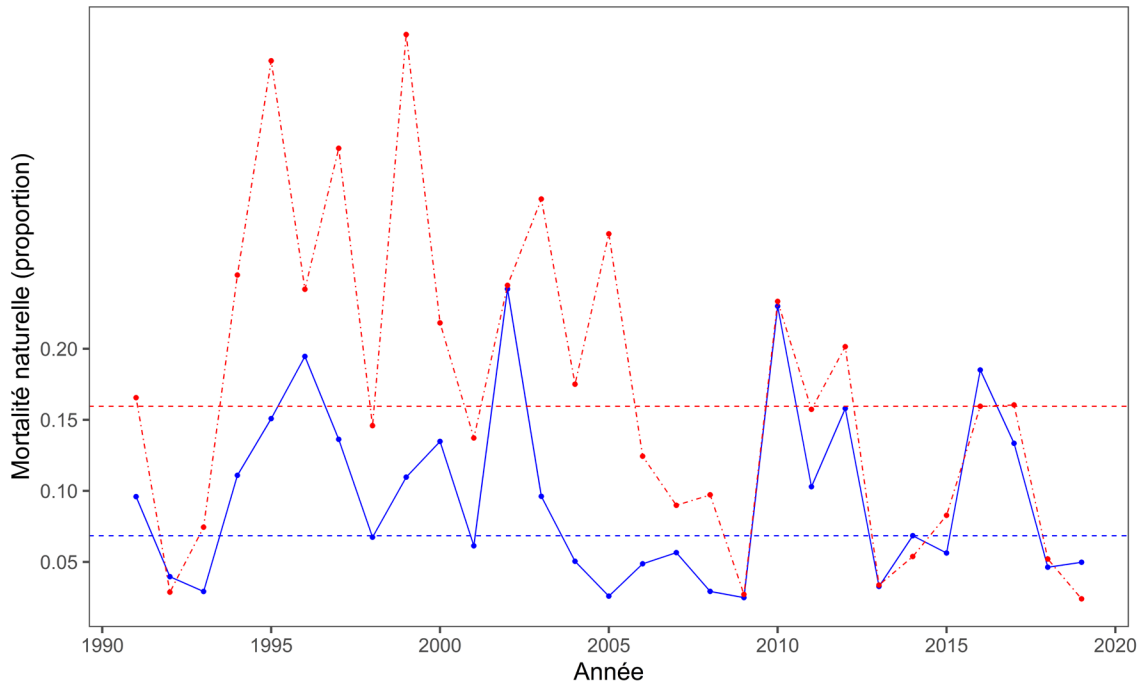


Figure 18. Séries chronologiques d'estimations de la mortalité naturelle médiane (proportion) des pétoncles pleinement recrutés (bleu) et des recrues (rouge) à partir du modèle d'évaluation des stocks adapté au nord du banc de Brown. Les lignes bleues et tiretées rouges représentent les médianes à long terme (1991–2019) pour les pétoncles pleinement recrutés et les recrues, respectivement.

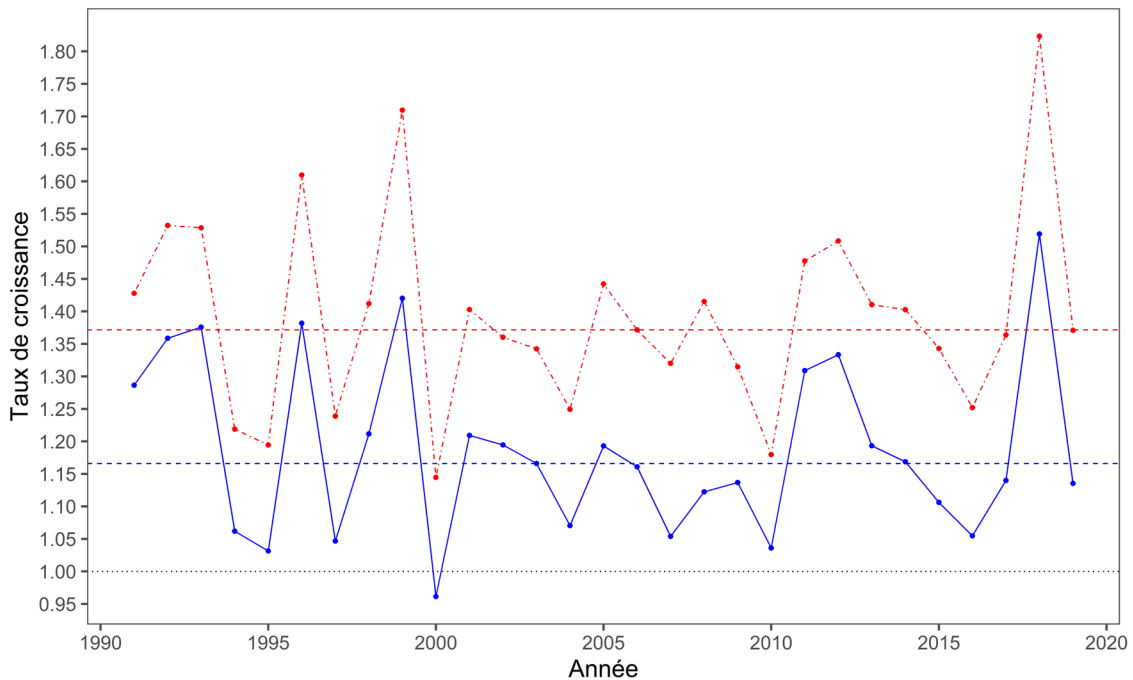


Figure 19. Séries chronologiques du taux de croissance des pétoncles pleinement recrutés (bleu) et des recrues (rouge) pour le nord du banc Brown. Les lignes bleues et tiretées rouges représentent les médianes à long terme (1991–2019) pour les pétoncles pleinement recrutés et les recrues, respectivement.

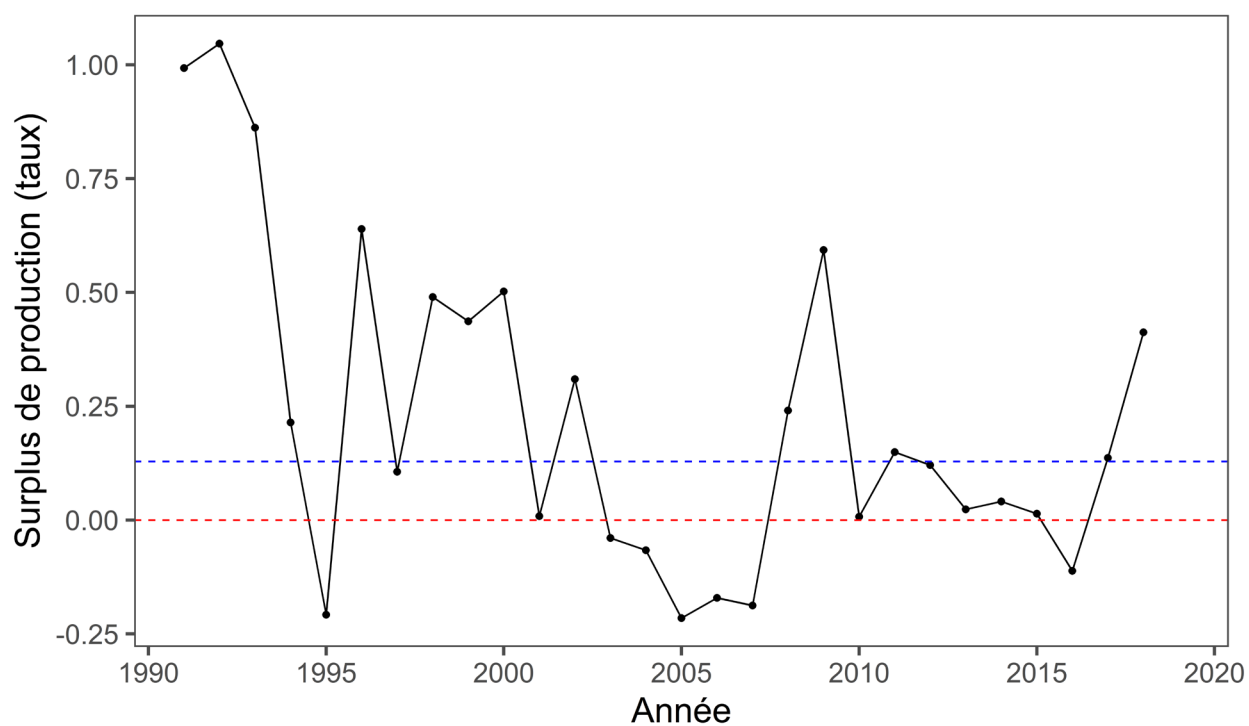
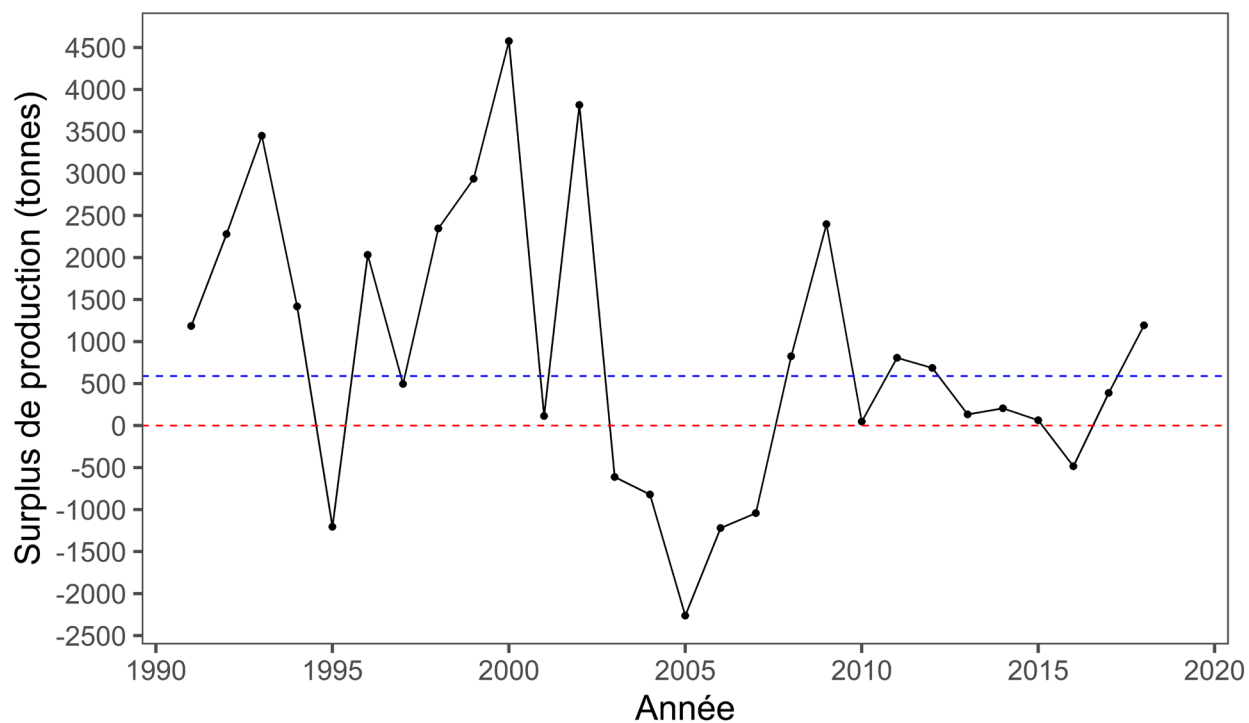


Figure 20. Séries chronologiques de la production excédentaire (chairs, tonnes) (graphique du haut) et du taux de production excédentaire (graphique du bas) de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour le nord du banc de Brown. Les lignes tiretées bleues représentent les médianes à long terme (1991–2019) et les lignes tiretées rouges représentent la production excédentaire nulle.

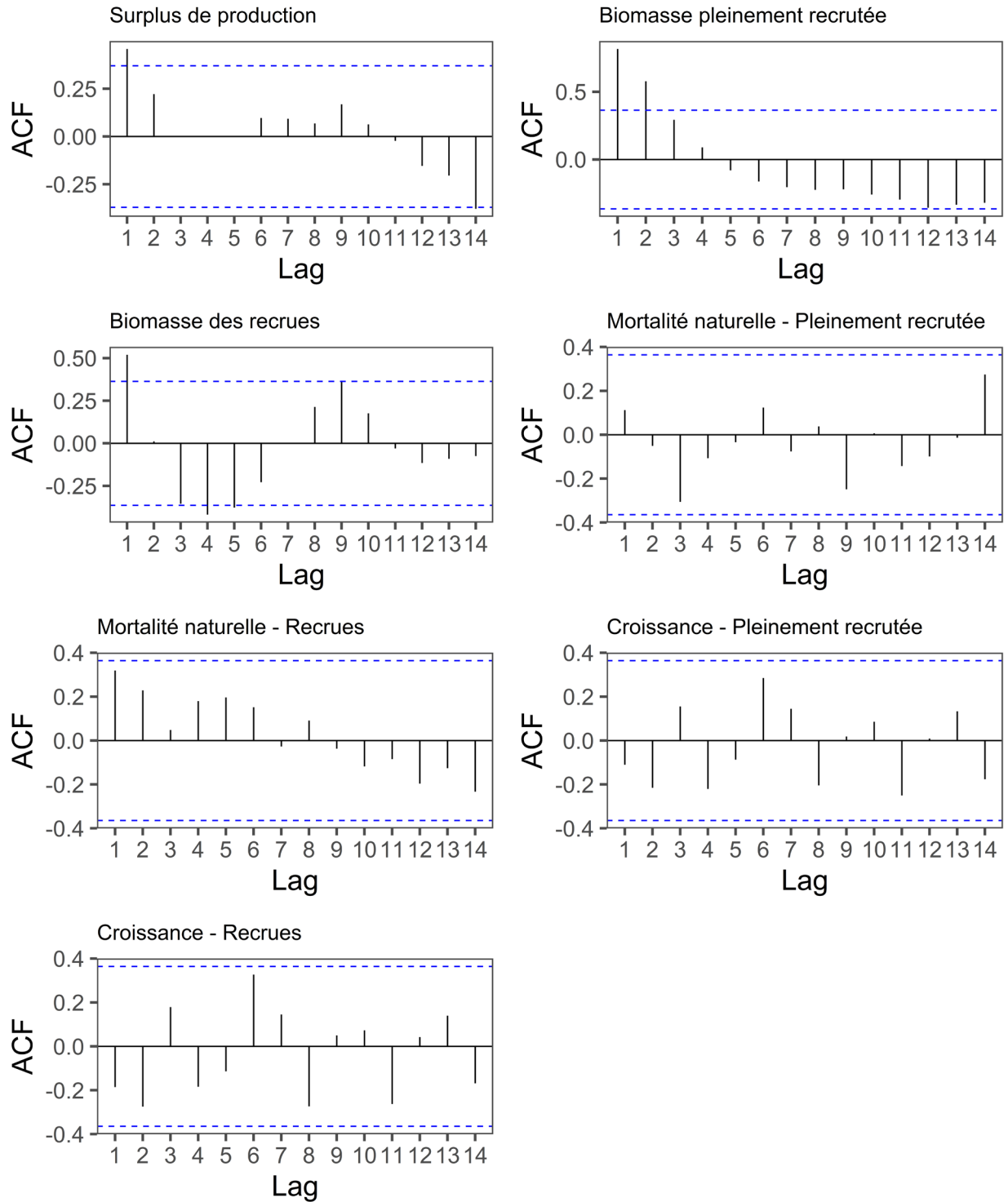


Figure 21. Fonction d'autocorrélation (FAC) dans les paramètres du modèle d'évaluation et les séries chronologiques de production excédentaire pour le nord du banc de Brown. Les lignes tiretées bleues représentent les intervalles de confiance à 95 %.

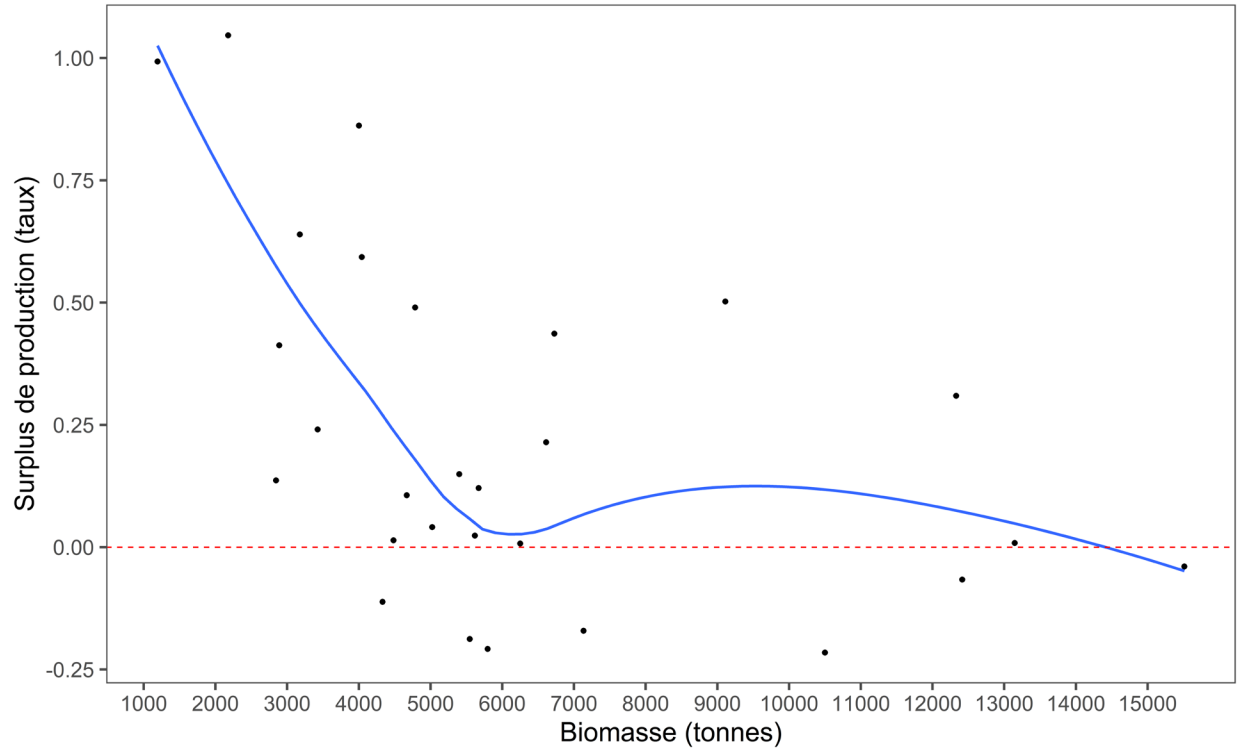


Figure 22. Production excédentaire (taux) de biomasse des pétoncles pleinement recrutés (chairs, tonnes) pour le nord du banc de Brown. La ligne tiretée rouge représente une production excédentaire nulle. La ligne bleue représente une courbe de loëss ajoutée pour détecter la tendance.

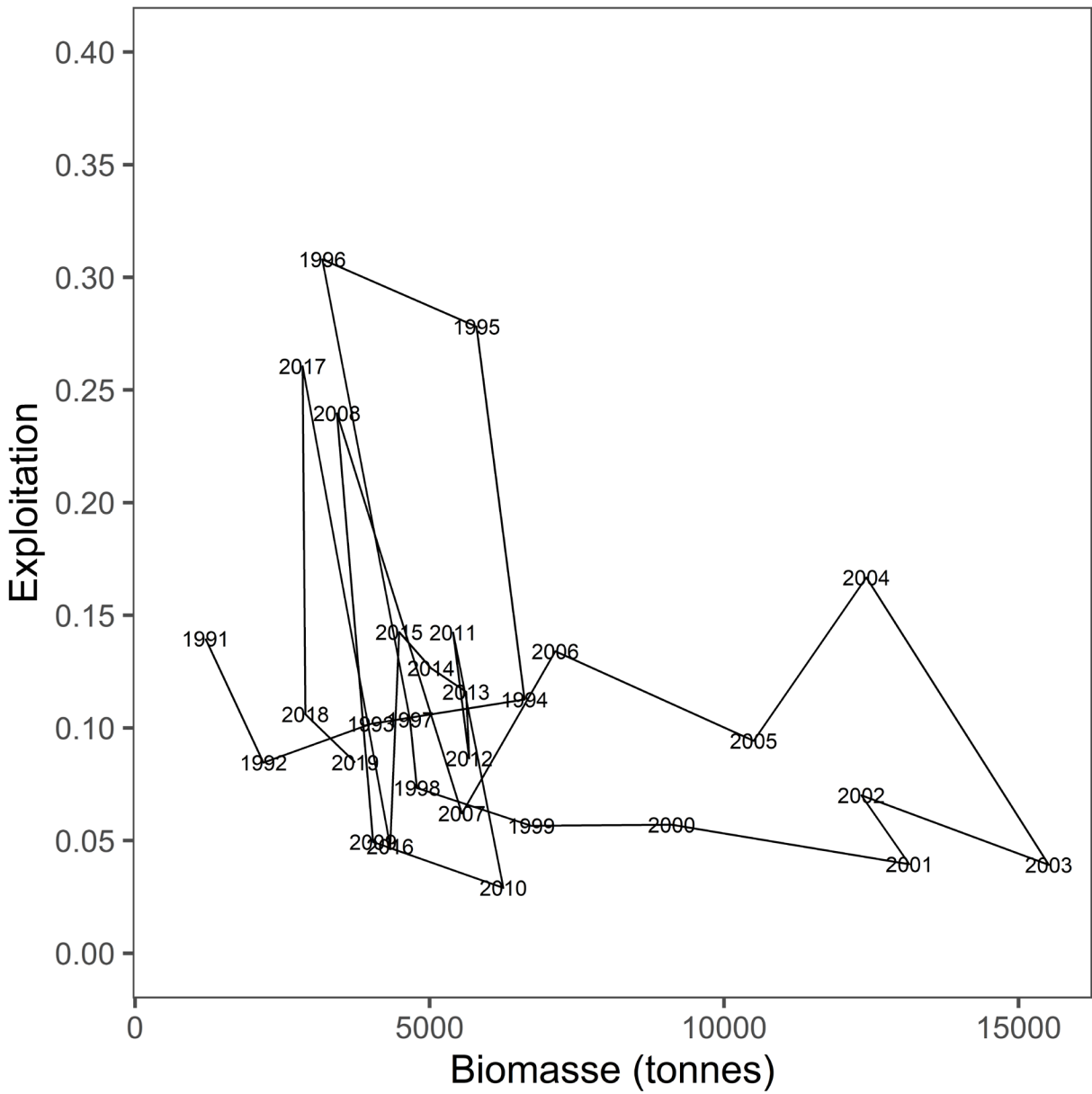


Figure 23. Diagramme de phase de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés (chairs, tonnes) et exploitation pour le nord du banc de Brown. Les étiquettes font référence à l'année du relevé.

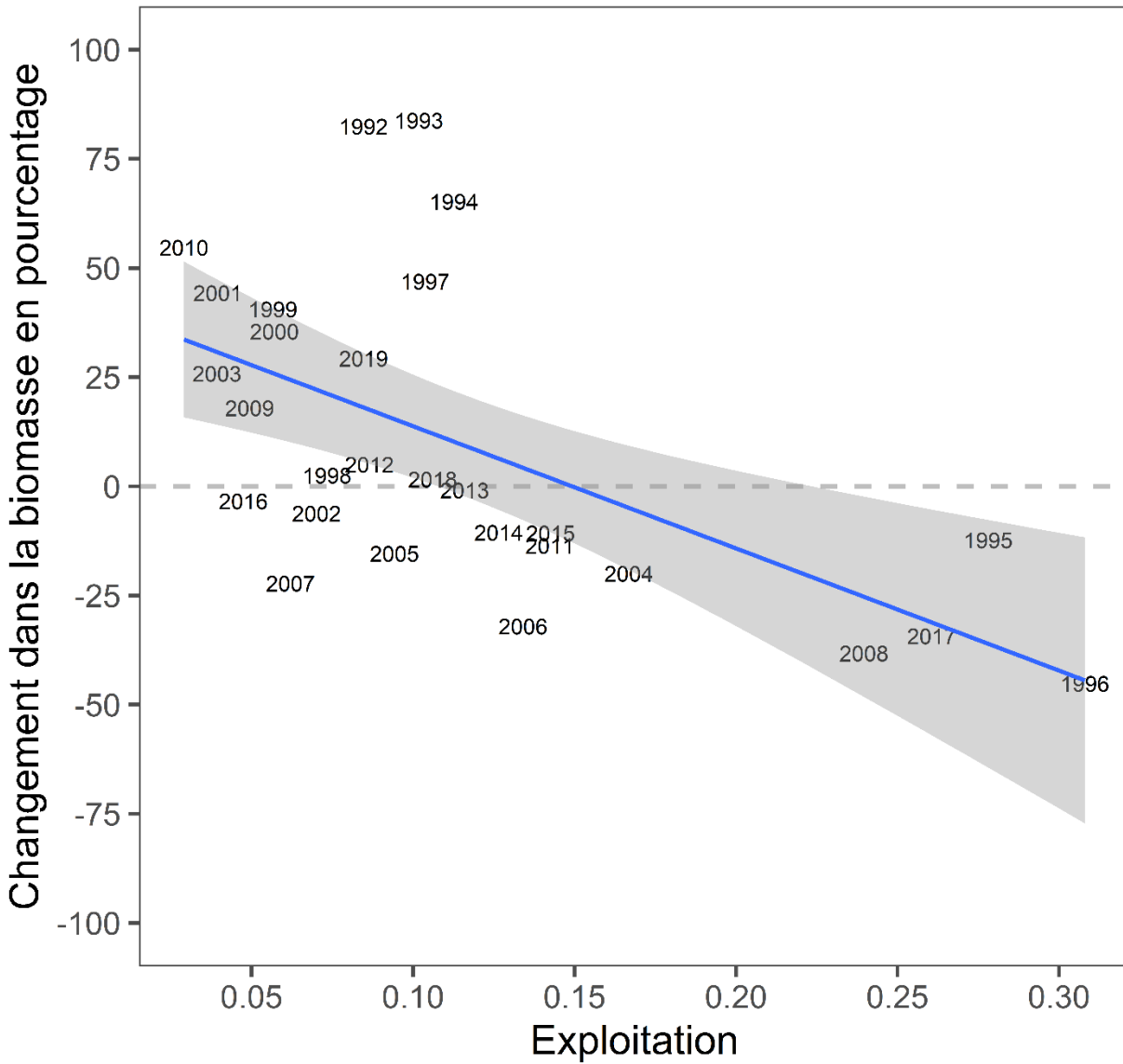


Figure 24. Comparaison du taux d'exploitation par rapport à la variation en pourcentage de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés pour le nord du banc de Brown. Les étiquettes de l'année t représentent le changement d'une année $t - 1$ à t . Le taux d'exploitation à une variation nulle de la biomasse est indiqué sur la base d'un modèle linéaire (ligne bleue) avec un IC à 95 % (ruban gris).

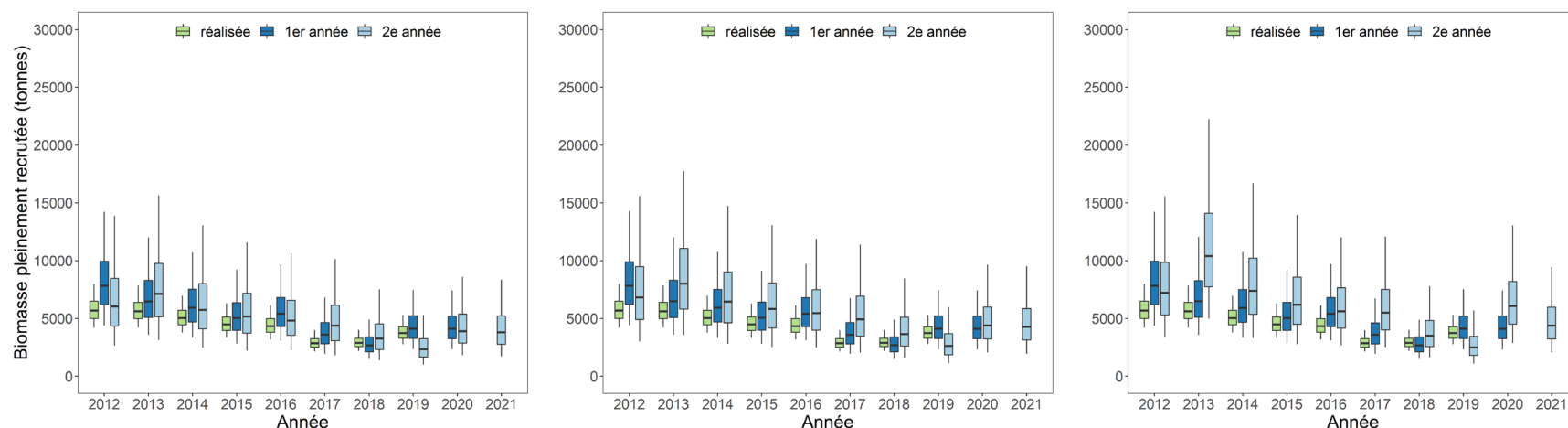


Figure 25. Évaluation du rendement des projections du modèle de 2012 à 2021 pour le nord du banc de Brown. Les diagrammes de quartiles verts résument la distribution a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t à l'aide de données jusqu'à l'année t , inclusivement (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2012, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu foncé résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 1$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2011, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu clair résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 2$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2010, inclusivement). Les diagrammes de quartiles montrent les limites médianes (ligne horizontale), les limites de crédibilité de 50 % (boîte) et les limites de crédibilité de 90 % (moustaches). Les projections pour 2020 supposent des débarquements de 211 tm, et pour 2021, une prise du total autorisé des captures provisoire de 300 tm. Évaluations des prévisions présentées pour trois scénarios de projection sur deux ans; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et hypothèse de l'année précédente (c.-à-d. les mêmes conditions que la projection sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite).

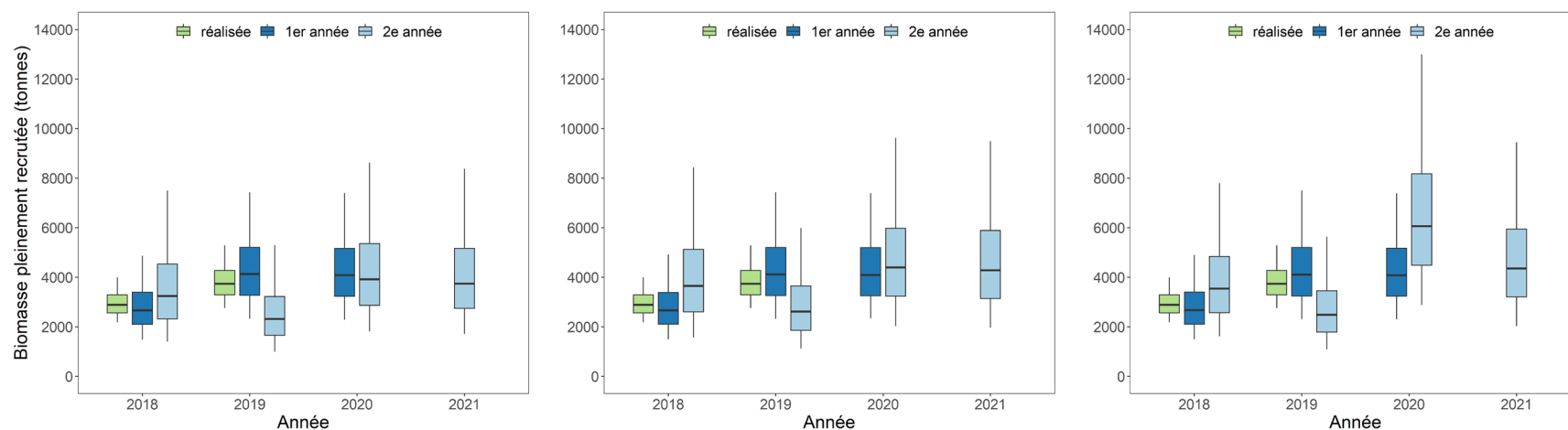


Figure 26. Évaluation du rendement des projections du modèle de 2018 à 2021 pour le nord du banc de Brown. Les diagrammes de quartiles verts résument la distribution a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t à l'aide de données jusqu'à l'année t , inclusivement (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2012, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu foncé résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 1$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2011, inclusivement). Les diagrammes de quartiles bleu clair résument les distributions a posteriori de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t en fonction de l'ajustement du modèle à l'année $t - 2$ (p. ex. prévisions de 2012 fondées sur des données jusqu'en 2010, inclusivement). Les diagrammes de quartiles montrent les limites médianes (ligne horizontale), les limites de crédibilité de 50 % (boîte) et les limites de crédibilité de 90 % (moustaches). Les projections pour 2020 supposent des débarquements de 211 tm, et pour 2021, une prise du total autorisé des captures provisoire de 300 tm. Évaluations des prévisions présentées pour trois scénarios de projection sur deux ans; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et hypothèse de l'année précédente (c.-à-d. les mêmes conditions que la projection sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite).

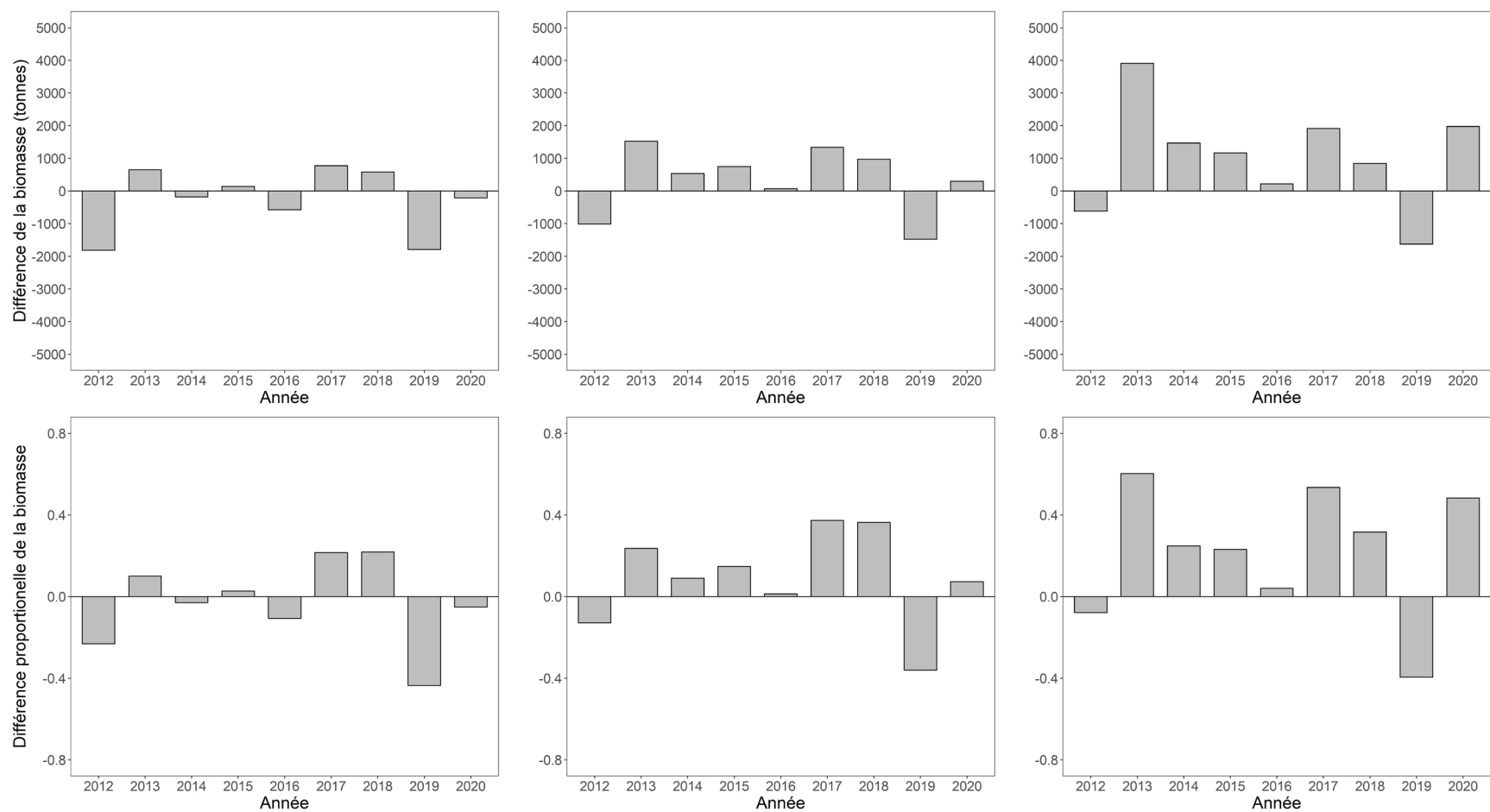


Figure 27. Différence dans la biomasse des pétoncles pleinement recrutés entre les projections sur deux ans et sur un an pour chaque année de 2012 à 2020 pour le nord du banc de Brown. Graphique du haut en tonnes (tm) de chairs et graphique du bas en proportion. Les valeurs positives indiquent que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés prévue sur deux ans pour l'année t dépassait l'estimation prévue sur un an de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t . Les valeurs négatives indiquent que la biomasse des pétoncles pleinement recrutés prévue sur deux ans pour l'année t était inférieure à l'estimation prévue sur un an de la biomasse des pétoncles pleinement recrutés au cours de l'année t .

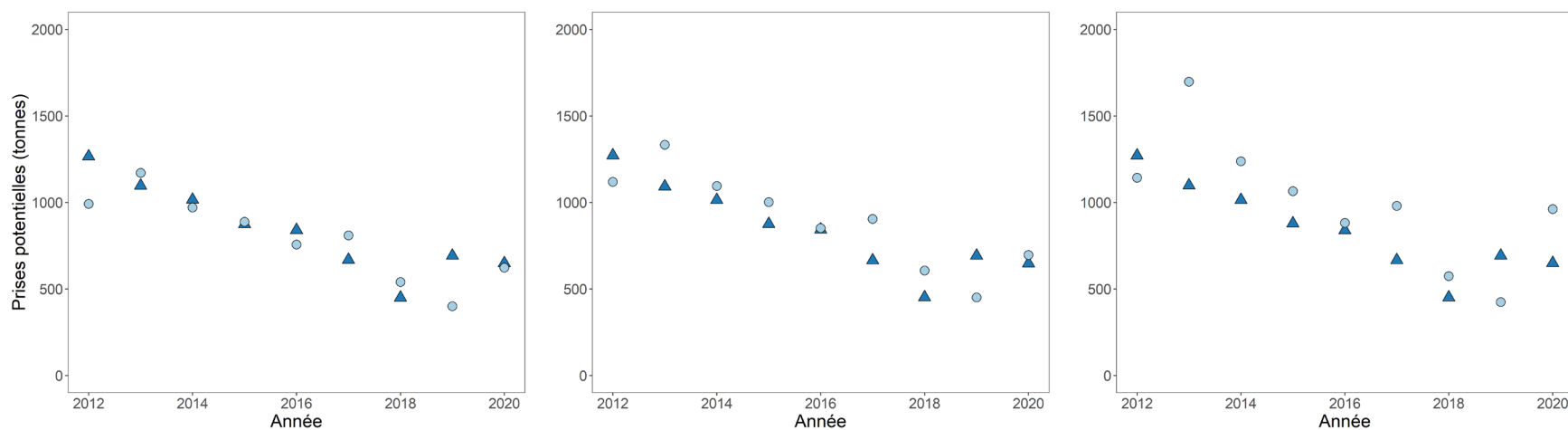


Figure 28. Prises d'après les projections sur un an et deux ans pour l'année t en utilisant l'exploitation de 0,15 pour le nord du banc de Brown pour trois scénarios de projection sur deux ans; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et l'hypothèse du statu quo (c.-à-d. les mêmes conditions que les projections sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite). Les triangles bleu foncé représentent la projection sur un an et les cercles bleu clair représentent la projection sur deux ans.

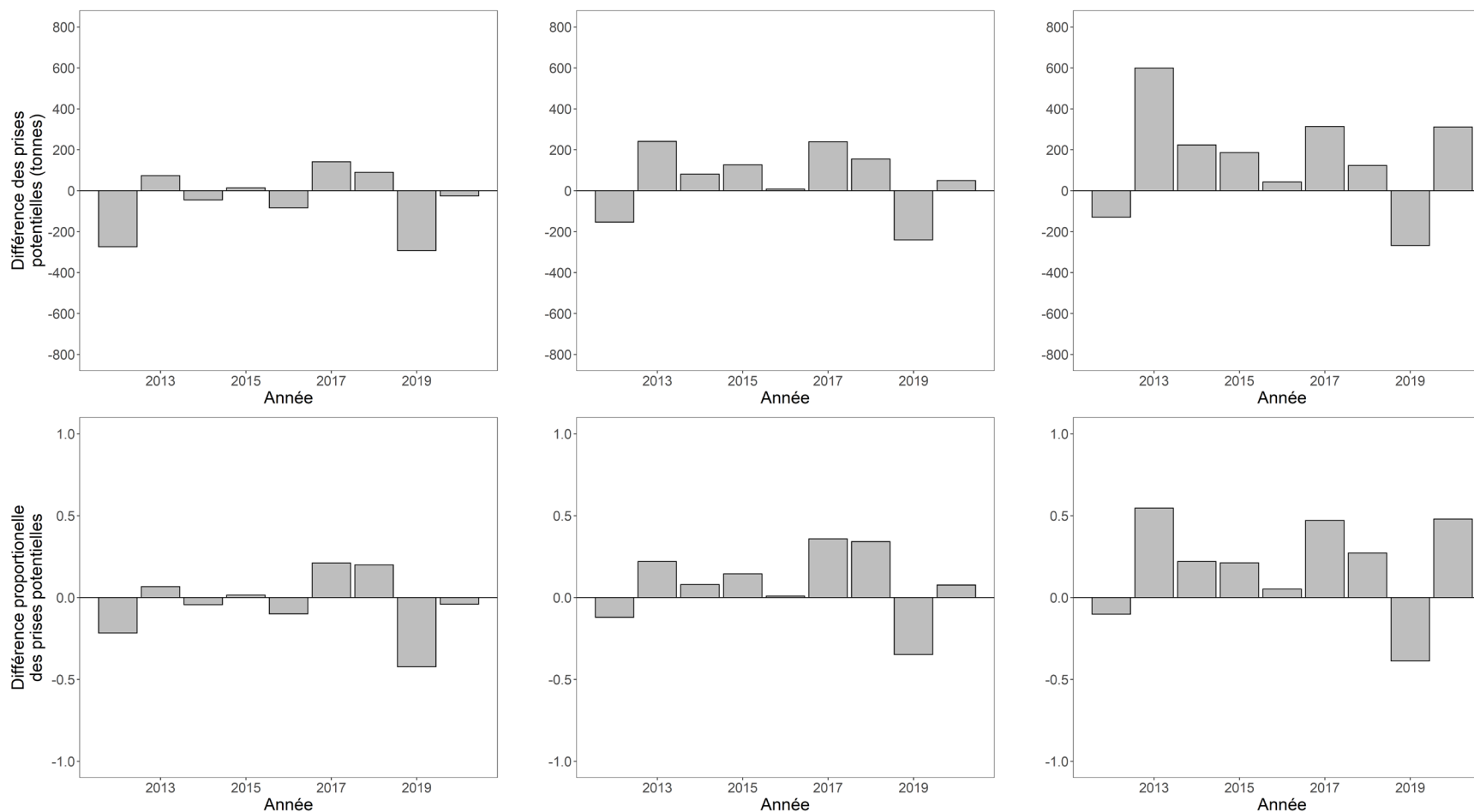


Figure 29. Différence dans les prises entre l'utilisation d'une projection sur un an pour l'année t et une projection sur deux ans pour l'année t en utilisant une exploitation de 0,15 pour le nord du banc de Brown. Graphiques du haut en tonnes (tm) et graphique du bas en proportion. Les valeurs positives indiquent que la limite de capture associée est plus élevée en utilisant la projection sur deux ans qu'une projection sur un an pour l'année t . Les valeurs négatives indiquent que la limite de prises associée est plus faible en utilisant la projection sur deux ans qu'une projection sur un an pour l'année t . Projections sur deux ans effectuées pour trois scénarios; production excédentaire nulle (graphique de gauche), production excédentaire médiane (graphique du milieu) et hypothèse du statu quo (c.-à-d. les mêmes conditions que les projections sur un an de l'année $t - 1$; graphique de droite).