



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 2023/091

Région des Maritimes

Examen du cadre d'évaluation des stocks de buccins (*Buccinum undatum*) hauturiers de la pêche exploratoire dans les divisions 4Vs et 4W

Melanie Barrett

Station biologique de St. Andrews
Pêches et Océans Canada
125, promenade Marine Science
St. Andrews (N.-B.) E5B 0E4

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/>
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, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-69181-7 N° cat. Fs70-5/2023-091F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Barrett, M. 2023. Examen du cadre d'évaluation des stocks de buccins (*Buccinum undatum*)
hauturiers de la pêche exploratoire dans les divisions 4Vs et 4W. Secr. can. des avis sci. du
MPO. Doc. de rech. 2023/091. v + 73 p.

Also available in English:

Barrett, M. 2023. Framework Review for the Stock Assessment of the Offshore Whelk
(*Buccinum undatum*) in the 4Vs and 4W Exploratory Fishery. DFO Can. Sci. Advis. Sec.
Res. Doc. 2023/091. v + 67 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	v
CONTEXTE	1
APERÇU DE LA BIOLOGIE	1
TAUX DE CROISSANCE.....	1
TAILLE ET ÂGE À MATURITÉ	2
PARASITISME	3
MORTALITÉ.....	3
RECRUTEMENT.....	3
STRUCTURE DU STOCK.....	4
DÉPLACEMENTS	4
HABITAT	5
APERÇU DE LA PÊCHE	5
PÊCHE EXPLORATOIRE DU BUCCIN AU LARGE DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE	5
ENGIN DE PÊCHE.....	7
DURÉE D'IMMERSION.....	7
PRISES ACCESSOIRES ET REJETS	8
SURVEILLANCE DES PRISES	9
HISTORIQUE DE LA PÊCHE	10
Sous-division 4Vs de l'OPANO	10
Division 4W de l'OPANO.....	10
ANALYSE	11
SOURCES DE DONNÉES INDÉPENDANTES DE LA PÊCHE	11
SOURCES DE DONNÉES DÉPENDANTES DE LA PÊCHE	14
Pêche commerciale.....	14
Échantillonnage détaillé	23
INDICATEURS POUR LA SURVEILLANCE DES PÊCHES.....	38
Indicateurs fondés sur les prises.....	39
Indicateurs basés sur la longueur	44
SOMMAIRE DES INDICATEURS DE L'ÉTAT DES STOCKS POSSIBLES.....	49
CONSIDÉRATIONS ÉCOSYSTÉMIQUES.....	51
RECOMMANDATIONS DE PÊCHE	53
ZONES DE PÊCHE.....	53
SAISON DE PÊCHE	54
BIOMASSE EXPLOITABLE ET TAUX D'EXPLOITATION	54
CALENDRIER DES ÉVALUATIONS, DES MISES À JOUR ET DES CADRES.....	55
SUIVI À VENIR ET CONCLUSIONS	55
REFERENCES CITÉES	57

ANNEXE	64
--------------	----

RÉSUMÉ

La pêche exploratoire hauturière du buccin en Nouvelle-Écosse a commencé en 2004 et des permis de pêche exploratoire ont été délivrés à Louisbourg Seafoods Ltd en 2010 pour la sous-division 4Vs et la division 4W de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) et à Premium Seafoods Ltd en 2012 pour la division 4W. En 2020, à la demande de Gestion des ressources de la région des Maritimes de Pêches et Océans Canada (MPO), un cadre de surveillance a été élaboré pour la pêche exploratoire hauturière du buccin afin de fournir des avis sur la surveillance et la recherche futures. En 2021-2022, un avis scientifique a été demandé pour la réalisation d'une évaluation des stocks et l'élaboration d'indicateurs et de points de référence en vue de déterminer l'état des stocks de buccins hauturiers.

Les données dépendantes de la pêche tirées des documents de surveillance et de l'échantillonnage détaillé dirigé par l'industrie ont été analysées pour évaluer les tendances et la répartition spatiale de la pêche, ainsi que la croissance, la maturité, la prévalence du parasitisme et la mortalité naturelle chez les buccins. À partir de ces données, un certain nombre d'indicateurs ont été considérés pour la surveillance de la pêche à l'aide de méthodes fondées sur les prises et la longueur. Bien que plusieurs méthodes aient été présentées, les captures par unité d'effort (CPUE) ont été proposées comme approximation de la biomasse. Des points de référence limites (PRL) possibles ont été estimés pour toutes les zones de pêche régulière (banc du Milieu de 4W, zone 1 et 2 de 4Vs) en fonction d'une approximation de la biomasse inexploitée (B_0), la moyenne annuelle maximale des CPUE (kg/casier). Les PRL possibles ont été définis comme étant de 20 % et de 30 % de l'approximation de B_0 pour toutes les zones, bien qu'en fonction du risque d'épuisement local du buccin, on ait déterminé que le PRL de 30 % était plus approprié. Il a été recommandé d'utiliser des indicateurs basés sur la longueur en plus de l'indicateur basé sur les prises pour surveiller le nombre de juvéniles dans les prises, mais il faudrait un échantillonnage annuel supplémentaire des fréquences de longueur des prises.

Le présent document de recherche a été présenté lors de la réunion d'examen régional par les pairs des 17 et 18 mai 2022 portant sur l'examen du cadre d'évaluation des stocks de buccins hauturiers dans les divisions 4Vs et 4W.

CONTEXTE

En février 2020, un cadre de surveillance a été élaboré pour la pêche exploratoire du buccin (*Buccinum undatum*) dans la sous-division 4Vs et la division 4W de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) dans la région des Maritimes (MPO 2020a). Les données sur les pêches ont été analysées, et des recommandations de Pêches et Océans Canada (MPO) ont été fournies aux titulaires de permis pour de futures recherches et activités de surveillance à l'appui d'un cadre d'évaluation. Les recommandations formulées à la réunion sur le cadre de surveillance (MPO 2020a) comprenaient l'assurance de l'exactitude des données déclarées, la normalisation des captures par unité d'effort (CPUE) en fonction de la durée d'immersion, l'amélioration des rapports sur la composition des prises et des prises accessoires par espèce, et la poursuite de l'échantillonnage par l'industrie pour obtenir des renseignements sur le cycle biologique et la structure des tailles de la population de buccins dans les zones de pêche 4Vs et 4 W.

En 2021, Gestion des ressources du MPO a demandé l'avis de la Direction des sciences du MPO sur l'état des stocks de buccins afin d'évaluer la viabilité d'une pêche commerciale dans les divisions 4Vs et 4W hauturières. Il s'agit de la première évaluation des stocks de buccins hauturiers de la pêche exploratoire dans ces divisions. Il n'y a actuellement aucun cadre d'évaluation en place pour surveiller la pêche hauturière du buccin et aucun avis scientifique officiel n'a été fourni pour cette pêche depuis le cadre de surveillance en 2020 (MPO 2020a).

APERÇU DE LA BIOLOGIE

Le buccin (*Buccinum undatum*) est un gastéropode carnivore largement réparti dans les eaux infratidales de l'Atlantique Nord jusqu'à des profondeurs de 1 400 m, que l'on trouve de l'ouest du Groenland au New Jersey en Amérique du Nord, et du Svalbard à la France en Europe (Mercier et Hamel 2008, Borsetti *et al.* 2018, Hollyman *et al.* 2018, Emmerson *et al.* 2020). Le buccin vit dans une variété de substrats et sa densité varie de 0,2 à 1,8 buccin/m² (Jalbert *et al.* 1989, Valentinsson *et al.* 1999, Magnúsdóttir 2010).

Le buccin est à la fois un prédateur et un charognard, et son régime alimentaire est varié : polychètes, bivalves, échinodermes, crustacés et œufs de poisson (Himmelman et Hamel 1993, Evans *et al.* 1996). Le buccin détecte ses proies grâce aux odeurs qui se propagent dans l'eau et, par conséquent, sa capacité à les détecter est influencée par la force et la direction des courants (Brulotte 2012). En présence de proies ou de prédateurs, le buccin peut se déplacer à une vitesse de 2 à 15 cm/min sur une distance de dizaines de mètres (Himmelman 1988, Sainte-Marie 1991; Lapointe et Sainte-Marie 1992, Giguère *et al.* 2007), bien que les relevés en plongée indiquent que le buccin est plutôt sédentaire (Magnúsdóttir 2010).

Les populations de buccins diffèrent sur le plan de la répartition des longueurs, de la structure génétique et de la taille à maturité sur de petites échelles spatiales (Haig *et al.* 2015). Les éléments de preuve de ces variations spatiales, ainsi que l'absence de phase larvaire et la mobilité limitée des adultes, suggèrent un mélange limité avec les populations voisines et réduisent la probabilité d'une recolonisation rapide dans les zones exploitées (Brulotte 2012).

TAUX DE CROISSANCE

Dans la région du Québec, le buccin peut atteindre une taille maximale de 120 à 130 mm de hauteur de coquille et une durée de vie de 11 à 15 ans (MPO 1997, MPO 2009b, Brulotte 2012). En général, on s'attend à ce que la croissance soit rapide chez le jeune buccin et à ce que la croissance globale soit lente à mesure qu'il vieillit (Shelmerdine *et al.* 2007). En

laboratoire, la croissance de buccins prélevés dans l'estuaire du Saint-Laurent a été étudiée sur une période de trois ans. La hauteur a augmenté de 9 mm par année chez le buccin de moins de 50 mm, et de 2 mm par année chez le buccin de plus de 70 mm (Brulotte 2012). Dans les études sur le terrain, *B. undatum* atteignait une hauteur de coquille de 45 à 50 mm à sa deuxième année (Kideys 1996, Fahy *et al.* 1995). La température peut avoir une incidence sur les taux de croissance, mais elle peut être étudiée à l'aide de la largeur des structures calcifiées déposées périodiquement (Borsetti *et al.* 2021). En général, la croissance augmente avec la hausse de la température de l'eau chez les jeunes; cependant, la température peut avoir une incidence négative sur la croissance des individus âgés (Borsetti *et al.* 2021). La taille maximale diminue avec l'augmentation de la température de l'eau et, en général, le buccin est plus gros à des latitudes plus élevées, malgré des taux de croissance plus lents dans l'ensemble (Emmerson *et al.* 2020).

TAILLE ET ÂGE À MATURITÉ

Il existe diverses méthodes pour estimer la maturité sexuelle du buccin, y compris l'examen histologique des gonades (Heude-Berthelin *et al.* 2011), l'analyse microscopique (Valentinsson *et al.* 1999) et l'inspection visuelle (Hollyman 2017). Des différences de méthodologie pourraient entraîner des différences dans les estimations de la maturité en raison de la variation du niveau d'exactitude entre les méthodes (Borsetti *et al.* 2018). Généralement, l'inspection visuelle fondée sur la proportion de la gonade par rapport à la longueur de la coquille est utilisée pour déterminer rapidement la maturité des mâles et des femelles.

La taille à maturité diffère d'une région et d'un sexe à l'autre. La taille à laquelle 50 % des buccins sont sexuellement mature (L_{50}) peut varier considérablement d'une population à l'autre et sur des distances aussi petites que 10 km (Haig *et al.* 2015). La L_{50} varie de 49 à 76 mm chez les mâles et de 60 à 81 mm chez les femelles au Québec (Gendron 1992, Brulotte 2012); de 54 à 72 mm chez les mâles et de 52 à 72 mm chez les femelles en Suède (Haig *et al.* 2015) et de 45 à 64 mm chez les mâles et de 53 à 65 mm chez les femelles sur le plateau néo-écossais (Ashfaq *et al.* 2019).

Il a également été démontré que les paramètres environnementaux influencent la taille à maturité du buccin. Il arrive à maturité à des tailles plus petites lorsque la température de l'eau est plus élevée (McIntyre *et al.* 2015, Haig *et al.* 2015, Emmerson *et al.* 2018) et à des profondeurs moins élevées (< 10 m, Haig *et al.* 2015). La pression de la pêche peut également réduire davantage la taille à maturité du buccin (Heude-Berthelin *et al.* 2011). Le rejet d'individus de taille inférieure à la taille réglementaire minimale (TRM) pourrait en fin de compte favoriser de plus petits individus ayant une croissance réduite (Fahy *et al.* 1995, Shelmerdine *et al.* 2007).

Plusieurs méthodes ont été employées pour déterminer l'âge du buccin. L'âge a habituellement été estimé en comptant les anneaux de croissance sur la surface extérieure de l'opercule; toutefois, cette méthode peut ne pas être précise, exacte ou fiable (Hollyman *et al.* 2018, Emmerson *et al.* 2020, Borsetti *et al.* 2021). Hollyman (2017) a constaté que moins de 20 % des échantillons étaient suffisamment bien définis pour estimer l'âge en fonction des anneaux de croissance. Une autre méthode d'estimation consiste à utiliser les statolithes, qui sont des structures sensorielles calcaires contenues dans la tête du buccin qui aident à l'équilibre, comme les otolithes chez les vertébrés (Borsetti *et al.* 2021).

Dans l'estuaire du Saint-Laurent et le plateau néo-écossais, le buccin arrive à maturité à l'âge de 5 à 6 ans (Gendron 1991, 1992 Ashfaq *et al.* 2019); cependant, la maturation peut différer géographiquement, comme on l'a vu dans les populations galloises et de l'île de Man (Emmerson *et al.* 2000).

PARASITISME

Le buccin est sensible aux parasites, ce qui entraîne des dommages à la masse viscérale. Il sert d'hôte intermédiaire pour de multiples espèces de larves de trématode, y compris *Neophasis anarrhichae*, *Cercaria Buccini*, *Zoogonoides viviparous* et *Renicola* sp. (Ashfaq *et al.* 2019). Un individu parasité est identifié par la présence de glandes digestives et de gonades grises (Tetreault *et al.* 2000). Bon nombre de ces parasites sont plus répandus chez les individus plus grands et sexuellement matures et ils peuvent endommager à la fois les glandes digestives et les gonades, entraînant un large éventail de problèmes, y compris l'atrophie du pénis mâle et la destruction de l'oviducte palléal femelle (MPO 2009a). Dans une étude sur le banquereau en 2016, dans certaines régions, un quart des buccins était infecté par des parasites, les femelles étant généralement plus touchées que les mâles (Ashfaq *et al.* 2019).

MORTALITÉ

On ne connaît pas l'estimation du taux de mortalité naturelle (M) pour le buccin dans la région des Maritimes; toutefois, des estimations existent issues d'études menées pour les populations du Royaume-Uni (R.-U.). Après la mort, la coquille du buccin demeure intacte pendant une période inconnue, semblable à celle d'une trace de fossile (Laptikhovsky *et al.* 2016), permettant un moyen unique d'évaluer l'âge au moment de la mort. Les estimations de M au Royaume-Uni à l'aide de cette méthode variaient de 0,63 à 0,85 (Laptikhovsky *et al.* 2016), qui sont similaires à celles des études de marquage-recapture au Royaume-Uni ($M = 0,6$; de Vooyoys et van der Meer 2010).

Les prédateurs du buccin comprennent les étoiles de mer, les crabes, le homard et les poissons (Thomas et Himmelman 1988; Shelmerdine *et al.* 2007). Les oursins de mer, les isopodes et diverses espèces de crabes s'attaquent directement aux œufs de buccin (Martel *et al.* 1986a, Dumont *et al.* 2008) et la prédation est plus élevée dans les zones plus exposées comparativement à celles qui comportent des crevasses où les œufs sont déposés ou qui se trouvent sous les macroalgues (Dumont *et al.* 2008). Les dommages aux masses d'œufs peuvent également accroître la susceptibilité à leur rupture par suite de l'action des vagues.

La mortalité peut provenir indirectement d'autres pêches commerciales. Les engins de pêche au chalut peuvent entraîner des prises accessoires de diverses espèces non visées qui sont soit conservées soit rejetées en mer, ce qui perturbe l'habitat benthique et peut causer des blessures aux espèces exposées à la trajectoire des engins (Ramsay et Kaiser 1998). L'incidence des engins de pêche dépend des espèces. Dans des études à court terme, le buccin était résistant aux engins de pêche au chalut avec un taux de survie supérieur à 98 % (Fonds 1991, Fonds *et al.* 1992, Fonds 1994, Kaiser et Spencer 1995); cependant, les invertébrés exposés et blessés dans le parcours du chalut peuvent être plus vulnérables à la prédation. Dans une étude de MacMillan et ses collaborateurs (2000), 60 % des buccins présentant des dommages modérés à graves à la coquille sont morts. Dans le cadre de la pêche au casier, le buccin peut survivre jusqu'à 10 jours dans un casier avant qu'il ne soit levé (Valentinsson *et al.* 1999, Wilcox 2023).

RECRUTEMENT

La période de reproduction du buccin reste inconnue sur le plateau néo-écossais, mais elle est probablement comparable à celle dans le golfe du Saint-Laurent. Le début de la fraie est signalé par une augmentation notable de la taille des gonades (Borsetti *et al.* 2020). Les femelles se rassemblent en mai pour s'accoupler et pondre leurs œufs deux à trois semaines plus tard (Martel *et al.* 1986a, Gendron 1992, MPO 1997). Les œufs sont fixés à l'extérieur du substrat, habituellement sur des murs verticaux, des rochers ou autour des stipes de varech

(Martel *et al.* 1986a, Dumont *et al.* 2008). Une masse d'œufs peut contenir en moyenne 140 capsules d'œufs, chaque capsule abritant environ 2 700 œufs (Martel *et al.* 1986a, MPO 1997, Ashfaq *et al.* 2019), et elle est souvent composée des œufs de plusieurs femelles (Thatje *et al.* 2019). Au Canada, il faut de cinq à huit mois pour que des juvéniles entièrement développés (de 2 à 3 mm de long) émergent de la capsule (Martel *et al.* 1986a, MPO 1997); le développement est plus rapide au Royaume-Uni (Brulotte 2012; Borsetti *et al.* 2020).

La ponte et le développement des œufs dépendent de la température et ne se produisent habituellement qu'entre 2 et 10 °C (Borsetti *et al.* 2020), la survie de la progéniture étant réduite à des températures plus élevées. La survie des œufs est généralement inférieure à 1,1 % des œufs produits (Martel *et al.* 1986a, Valentinsson 2002). La fécondité est plus grande chez le buccin de plus grande taille (plus d'œufs produits), mais la qualité des œufs est indépendante de la taille (Thatje *et al.* 2019, McIntyre *et al.* 2015, Valentinsson 2002). Les indices gonadiques inférieurs chez le buccin de grande taille par rapport aux individus de plus petite taille indiquent que la reproduction peut ne pas se produire chaque année (Gendron 1992, Valentinsson 2002).

STRUCTURE DU STOCK

Des études génétiques peuvent être nécessaires pour délimiter les variations génotypiques et phénotypiques observées chez le buccin. Le séquençage de l'acide désoxyribonucléique associé à un site de restriction a été utilisé pour réduire la structure de population à petite échelle à plusieurs espèces d'invertébrés marins (Goodall *et al.* 2020). Dans une étude menée au Royaume-Uni, des différences génétiques ont été observées chez des populations de buccins séparées de 20 à 30 km dans la même baie (Pálsson *et al.* 2014). La diversité génétique varie selon l'emplacement, la richesse allélique étant beaucoup plus faible dans les sous-populations de la Nouvelle-Écosse que dans celles du Royaume-Uni (Weetman *et al.* 2006). Des similitudes dans la morphologie et l'épaisseur de la coquille se produisent habituellement chez les populations plus rapprochées, mais la variation peut également être liée aux paramètres environnementaux et à la prédation (Magnúsdóttir *et al.* 2017, Shelmerdine *et al.* 2007).

En l'absence de données génétiques, les caractéristiques du cycle biologique du buccin pourraient être utilisées pour estimer la structure de la population (Weetman *et al.* 2006). Les espèces dont la dispersion est limitée et la fécondité est faible peuvent présenter une structure de population isolée, comme c'est probablement le cas pour le buccin (Weetman *et al.* 2006).

DÉPLACEMENTS

Les prédateurs marins et les détritivores sont généralement très mobiles, utilisant leurs attributs chimiosensoriels aigus pour localiser les proies à partir d'indicateurs présents dans l'eau (Himmelman 1988). La zone autour d'une source de nourriture ou d'un appât provenant d'un casier qui peut être détecté par un prédateur est communément appelée la « zone d'attraction » et est influencée par divers facteurs, notamment les espèces, les courants, le substrat et la profondeur (Himmelman 1988, Sainte-Marie 1991). Des études de marquage ont été menées pour déterminer la taille et la forme de ces zones d'attraction, lors desquelles les buccins sont marqués et relâchés à une distance connue d'une source de nourriture (McQuinn *et al.* 1988); toutefois, la superficie peut être sous-estimée en fonction des changements de comportement des buccins et de la réduction de leurs déplacements causés par des vitesses élevées du courant (Himmelman 1988). Dans une étude sur le buccin réalisée dans l'archipel de Mingan, au Québec, la vitesse et la direction des courants étaient plus importantes que la saison, l'appât, la profondeur, le substrat et le stress pour déterminer la zone d'attraction (McQuinn *et al.* 1988).

Les déplacements du buccin peuvent être limités. Dans le cadre d'une étude pluriannuelle de marquage-recapture au Royaume-Uni, un seul buccin sur les milliers libérés a été récupéré à l'extérieur de la zone d'étude de 8 km² (Hancock 1963). Les études de marquage-recapture ont permis d'estimer que le déplacement du buccin variait de 8,3 cm/min à 11,4 cm/min (Himmelman 1988) et les distances parcourues pour atteindre les casiers appâtés ont été observées sur des distances de 20 à 30 m (MPO 2009a). Dans la pêche côtière du Québec, on a observé que le buccin se déplaçait de 15 cm/min pour atteindre une source de nourriture ou pour éviter la prédation (MPO 2009b). Le buccin femelle réduit son alimentation pendant la reproduction et est moins attiré par les casiers appâtés pendant l'accouplement et la ponte (MPO 2021).

HABITAT

Le buccin vit dans divers habitats dont les conditions environnementales varient partout dans l'Atlantique Nord. On peut les trouver sur de grosses pierres, des galets et des substrats de vase à des profondeurs supérieures à 100 m; toutefois, ils ont tendance à se rassembler en plus fortes densités sur des substrats de fond mou à une profondeur de 15 à 30 m (MPO 2009b). Le buccin tolère une vaste gamme de températures allant de 0 °C à 22 °C et des salinités aussi faibles que 20 parties par millier (ppm), bien qu'il soit probable que les conditions environnementales optimales varient selon la sous-population (MPO 2009b, Thatje *et al.* 2019).

APERÇU DE LA PÊCHE

L'expansion mondiale de la pêche au buccin a commencé dans les années 1990 en raison de l'augmentation de la demande du marché (Borsetti *et al.* 2018). Dans le nord-ouest de l'Atlantique, le buccin était traditionnellement pêché comme prise accessoire dans la pêche au homard du Maine, mais une pêche dirigée a commencé en 1996 en raison d'une augmentation de la demande du marché en Asie (Louisbourg Seafoods Ltd. 2011). La pêche continue de se développer au Canada, particulièrement au Québec, à Terre-Neuve-et-Labrador et, plus récemment, en Nouvelle-Écosse (Rawlings *et al.* 2009, Ashfaq *et al.* 2019). La plus longue pêche au buccin établie au Canada a commencé dans les années 1940 dans le golfe du Saint-Laurent, puis s'est étendue à la Côte-Nord du Québec au début des années 1990, et aux Îles-de-la-Madeleine en 2003 (MPO 2009b). La pêche sur la Côte-Nord est une pêche côtière, et la faisabilité d'une pêche en eau profonde (73 à 182 m) a été examinée en 2013; cependant, les CPUE diminuaient avec une profondeur accrue. À Terre-Neuve, la pêche est restreinte aux navires côtiers avec une taille réglementaire minimale (TRM) de 50 mm, et autant l'effort et que les débarquements ont varié depuis le début de la pêche (MPO 2021).

En 1995, une pêche d'essai a eu lieu dans la baie Lobster, en Nouvelle-Écosse, à l'aide d'engins de pêche au homard modifiés, à des profondeurs de 9 à 15 m. Les taux de capture variaient d'un casier à l'autre en fonction de la tendance naturelle au rassemblement de l'espèce, et la répartition de la taille différait de celle des populations du golfe du Saint-Laurent et de la baie de Fundy déjà étudiées (Kenchington et Lundy 1996). Une pêche commerciale a été tentée sur le plateau néo-écossais, mais elle n'a pas été poursuivie davantage en raison du marché limité, de la petite taille du buccin et de la valeur de la ressource (Kenchington et Lundy 1996).

PÊCHE EXPLORATOIRE DU BUCCIN AU LARGE DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE

La Politique sur les nouvelles pêches guide la mise en place de pêches nouvelles à l'aide d'un processus en trois phases. La phase I (pêche expérimentale) permet à l'industrie de déterminer si une espèce peut être capturée, quel type d'engin est nécessaire, et s'il existe des marchés.

La phase II (pêche exploratoire) permet à l'industrie de recueillir des renseignements pour déterminer si une pêche à long terme est possible. La phase III (pêche commerciale) s'applique lorsque la pêche est considérée comme étant « à accès limité » et que la pêche commerciale commence sur une base indéfinie. Il y a actuellement deux titulaires de permis actifs de pêche exploratoire hauturière du buccin, l'un ayant accès à la sous-division 4Vs et à la division 4W depuis 2010, et le second ayant accès à la division 4W (tableau 1).

L'exploration de la pêche hauturière du buccin en Nouvelle-Écosse a commencé en 2004 avec une proposition spontanée de Louisbourg Seafoods Ltd. L'entreprise a obtenu un permis de pêche expérimentale pour la sous-division 4Vs et la division 4W de l'OPANO au-delà de 50 milles nautiques. Le permis de pêche expérimentale a été délivré de nouveau en 2009 et remplacé par un permis de pêche exploratoire en 2011. Ce permis unique a depuis été divisé en deux pour permettre la pêche dans la sous-division 4Vs et la division 4W de l'OPANO. Un permis expérimental supplémentaire a été délivré à Premium Seafoods Ltd pour le secteur extracôtier de la division 4W en 2011; ce permis a été remplacé par un permis exploratoire en 2012.

Deux permis expérimentaux ont également été délivrés pour les divisions 4X et 5Z, détenus conjointement par un groupe de quatre entreprises qui comprenait Ocean Pride Fisheries (anciennement Ocean Leader), l'Acadia First Nation, D'Eon Fisheries Ltd. (anciennement D'Eon Seafoods), et Set N' Sail Fisheries (anciennement Bonniessa Marie Fisheries). En février 2012, le groupe a été avisé qu'il y avait des conflits potentiels avec les pêches établies concernant les engins de pêche, et l'accès à la division 5Z a été retiré du permis. Aucun permis n'a été délivré depuis 2014; cependant, on a déterminé que les titulaires de permis devaient mettre au point des relevés par caméra afin de démontrer leur intérêt continu et de maintenir leur admissibilité à présenter une nouvelle demande de permis à l'avenir.

La pêche exploratoire hauturière du buccin a lieu au-delà de 50 milles marins dans la division 4W et la sous-division 4Vs, à l'exclusion de plusieurs zones de conservation (figure 1). La saison de pêche typique a lieu entre juin et décembre et, en plus du buccin (*Buccinum undatum*), le colus de Stimpson (*Colus stimpsoni*) et la natice (*Euspira heros*) peuvent être conservés. La taille réglementaire minimale (TRM) pour chaque secteur a été établie en fonction des données actuellement disponibles et seuls 5 % des prises conservées peuvent être des buccins de taille trop petite. L'exception à ces limites de taille concerne les buccins recueillis à des fins scientifiques. Une vérification à quai est nécessaire pour vérifier toutes les prises avant le débarquement.

Tableau 1. Permis de pêche exploratoire hauturière du buccin et contrôle de la production pour le plateau néo-écossais.

Titulaire de permis*	Zone	Total autorisé des captures de 2021-2022
Louisbourg	4Vs	700 tm (350 tm dans la zone 1)
Louisbourg	4W	250 tm
Premium	4W	250 tm

* Permis actifs en date de juin 2021

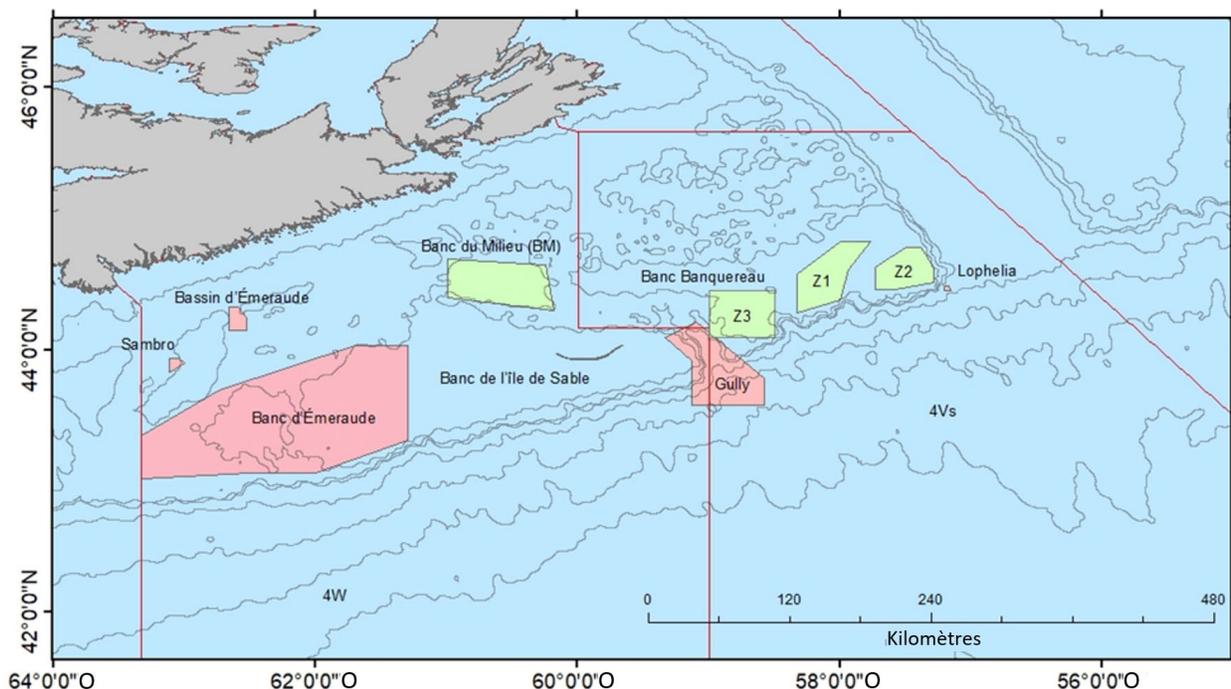


Figure 1. Carte des zones de pêche hauturière (au-delà de 50 nm) dans la division 4W et la sous-division 4Vs de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord (OPANO). Les zones fermées sont indiquées en rose. Les zones de pêche principales de la division 4W (banc du Milieu [BM]) et de la sous-division 4Vs (zones 1 à 3) sont indiquées en vert. Les lignes grises représentent les lignes isobathes de la profondeur et les lignes rouges, les limites de la zone de l'OPANO. Les principaux bancs de pêche sont indiqués sur la carte (Banquereau dans 4Vs; banc du Milieu et banc de l'Île de Sable dans 4W).

ENGIN DE PÊCHE

Les casiers, ou pièges, sont souvent considérés comme des engins de pêche plus bénéfiques que le dragage, car les effets sur l'habitat benthique sont réduits. Les modifications apportées à la conception du casier peuvent également réduire au minimum les prises accessoires (Logothesis et Beresoff 2004).

La pêche exploratoire se fait à l'aide de casiers coniques munis d'une ouverture circulaire rigide de diamètre égal ou supérieur à 127 mm afin de limiter les captures accessoires de décapodes (figure 2). Le nombre de casiers est limité à 1 500 par titulaire de permis, et ils sont généralement déployés sur une filière à environ 20 brasses (environ 36 m) les uns des autres (Louisbourg Seafoods Ltd. 2017). Les casiers à buccin sont équipés d'une section en ficelle de coton pouvant se dégrader avec le temps pour servir de mécanisme d'évasion et empêcher la pêche fantôme en cas de perte des casiers (Louisbourg Seafoods Ltd. 2017, Wilcox 2023).

DURÉE D'IMMERSION

La durée d'immersion est la période pendant laquelle le casier reste dans l'eau. L'article 115.2 du *Règlement de pêche de l'Atlantique* interdit actuellement à toute personne de laisser un engin de pêche « immergé » ou sans surveillance dans l'eau pendant plus de 72 heures consécutives afin de réduire au minimum la perte d'engins de pêche, la mortalité accidentelle, la possibilité de conflits liés aux engins et la détérioration des prises (Ministère de la Justice 1985). À l'heure actuelle, la durée d'immersion varie dans la pêche du buccin, mais ne dépasse généralement pas la période recommandée, à moins qu'il soit difficile de récupérer les casiers en raison du mauvais temps (Louisbourg Seafoods Ltd. 2019). À Terre-Neuve, une étude a été

menée pour examiner les effets de la durée d'immersion sur les prises de buccin. Les casiers laissés pendant 24 heures ont permis de capturer 50 % des prises des casiers laissés pendant 48 heures, et la moyenne des captures par casier a diminué pour les casiers laissés pendant plus de 48 heures (CAFID 1996).

Dans la région des Maritimes, les rapports sur la pêche préparés par l'industrie ont montré des résultats semblables à ceux de l'étude de Terre-Neuve, les prises étant plus élevées sur de courtes périodes (environ 72 heures), mais en baisse pour des périodes plus longues. Ces analyses ont montré qu'une durée d'immersion de deux à cinq jours a donné lieu aux plus grandes CPUE (Louisbourg Seafoods Ltd. 2019) sur le Banquereau, et les CPUE ont atteint leur maximum à trois jours pour le banc du Milieu (Premium Seafoods Group 2019).

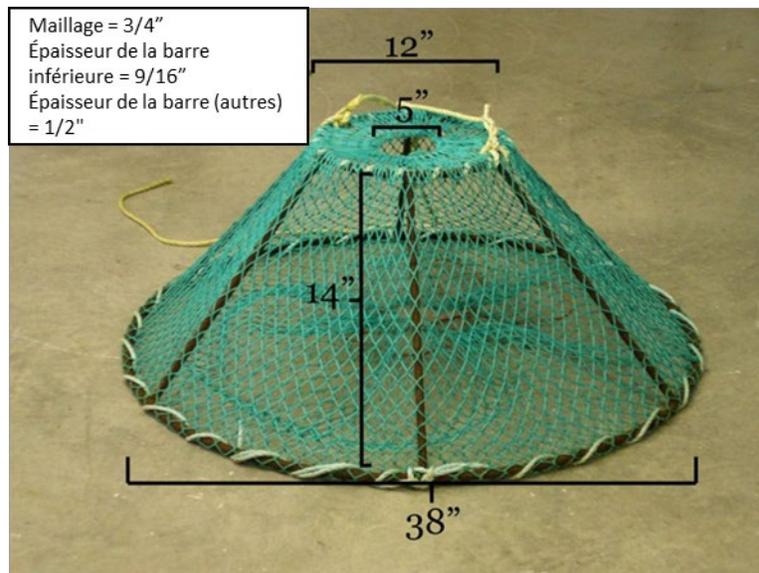


Figure 2. Casier à buccin conique. Source : (Louisbourg Seafoods Ltd. 2017).

PRISES ACCESSOIRES ET REJETS

Les prises accessoires peuvent varier selon la saison. Dans le cas de la pêche au buccin du Québec, la pêche au début du printemps ou à la fin de l'automne a entraîné une augmentation des prises accessoires d'espèces vulnérables ou juvéniles importantes sur le plan commercial, comme le crabe des neiges (*Chionoecetes Opilio*; MPO 2009a).

Dans la sous-division 4Vs, les prises accessoires ont été déclarées négligeables par l'industrie et se composent principalement de bernard-l'ermite (*Paguridae*), de crabe araignée (*Hyas* sp.) et de chabot (*Myoxocephalus* sp.). Plus rarement, des étoiles de mer (*Asteroidea*), des oursins (*Strongylocentrotus* sp.), des clypéastres (*Clypeasteroidea*) et des sébastes (*Sebastes* sp.) ont également été trouvés dans des casiers, et des œufs de buccin ont été observés fixés à l'engin. Aucune des espèces toxiques comme le neptunée à dix côtes (*Neptunea decemcostata*) ni aucune espèce visée par la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) n'a été trouvée. Les colus de Stimpson peuvent être difficiles à distinguer en mer et, par conséquent, ils sont rarement déclarés séparément. La contribution de cette espèce aux prises de la sous-division 4Vs a été estimée à moins de 2 % par des enquêtes récentes.

La présence d'observateurs à bord se fait sur demande et, à ce jour, on ne recense que cinq sorties d'observation en mer dans la sous-division 4Vs en 2011, 2014 et 2015 (tableau 2). Les prises accessoires étaient principalement des espèces de crabe (p. ex. crabe des neiges,

bernard-l'ermite, crabe araignée et crabe commun [*Cancer irroratus*]). Le total des prises rejetées d'une filière (il y a environ 50 casiers par filière) était de moins de 25 kg et, en général, ces taux plus élevés de prises accessoires correspondaient à de faibles débarquements de buccins. Parmi les autres espèces capturées, mentionnons le calmar (*Pterygioteuthis* sp.), le clypéastre, l'oursin, l'étoile de mer et l'hémitriptère atlantique (*Hémitripterus americanus*), mais tous en très faibles quantités (moins de 5 kg de poids de prises rejetées dans l'une ou l'autre des filières).

Avant 2018, les titulaires de permis de pêche du buccin n'étaient tenus de présenter qu'un seul registre de la LEP par saison. En 2018, les titulaires de permis devaient présenter un registre de la LEP pour chaque sortie, ainsi que le document de surveillance des buccins (c.-à-d. le journal de bord). D'après les registres de la LEP présentés pour la pêche du buccin, aucune interaction n'a été détectée avec une espèce en péril.

Tableau 2. Estimations des prises accessoires (en kg) de la pêche hauturière du buccin en fonction des sorties de pêche dirigée du buccin avec observateur (n = 5). L'estimation des prises accessoires est fondée sur une proportion des prises observées appliquées à tous les débarquements pour cette année-là. Il n'y a eu aucune prise accessoire lors de la sortie avec observateur en 2015.

Espèce	2011	2014	Total
Étoile de mer	81,3	0	81,3
Crabe commun	406	0	406
Bernard-l'ermite	5 607	0	5 607
Calmar	406	0	406
Clypéastre	81,3	0	81,3
Hémitriptère atlantique	0	18,1	18,1
Oursin	163	0	163
Chaboisseau à épines courtes	81,3	0	81,3
Crabe des neiges	2 357	6,05	2 363
Crabe araignée	650	6,05	656

SURVEILLANCE DES PRISES

Les titulaires de permis doivent soumettre un plan de pêche ou de recherche avant chaque saison, se conformer à la surveillance prévue par la LEP pendant la saison de pêche, et fournir un rapport sur les activités de la saison lorsqu'elles sont terminées.

Toutes les activités de pêche sont consignées par sortie dans le document de surveillance du buccin fourni par le MPO. Cette documentation requise comprend des renseignements précis sur le titulaire de permis et le navire, des données temporelles et spatiales sur la pêche (p. ex. la date de mise en place/de levée et la position du casier), le nombre de casiers (mis en place/perdus/levés), la quantité de prises (gardées/rejetées) pour chaque espèce, ainsi que le nombre et le poids des espèces non ciblées. Toutes les prises de la pêche sont vérifiées à quai.

Chaque année, les deux titulaires de permis de pêche hauturière élaborent et soumettent des plans de pêche pour orienter la recherche et établissent un échancier afin d'évaluer les progrès de la pêche. Les deux titulaires de permis se sont associés à des établissements d'enseignement pour traiter les échantillons et analyser les données sur le cycle biologique et la fréquence des tailles qui pourraient éclairer les évaluations et la gestion. Un sous-ensemble de buccins est recueilli lors de sorties de pêche, et plusieurs paramètres biologiques sont consignés, notamment la longueur de la coquille, le sexe, la maturité sexuelle, le poids total et les caractéristiques de la coquille (p. ex. la présence d'épibiotiques ou de fractures). D'autres

mesures comme le poids des tissus, le poids de la coquille, la largeur de la coquille, la preuve d'imposex, l'âge, le parasitisme et l'analyse de l'ADN sont également recueillies par l'industrie lorsque le temps le permet. À partir de ces données, on peut estimer les distributions taille-fréquence, la taille et l'âge à maturité, les rapports des sexes, les courbes de croissance et la structure des populations.

HISTORIQUE DE LA PÊCHE

Sous-division 4Vs de l'OPANO

En 2009, une pêche expérimentale a commencé dans la zone extracôtière du Banquereau dans la sous-division 4Vs de l'OPANO (figure 3). Après plusieurs sorties commerciales réussies, la pêche est devenue une pêche exploratoire en 2011. En 2012, après avoir obtenu des données sur les prises et la biologie des buccins dans la région, le TAC de 226 kg (500 lb) a été réajusté à des niveaux plus économiques pour l'industrie (350 tm de TAC). De 2013 à 2015, les débarquements provenaient principalement de la zone désignée par l'industrie comme étant la zone 1 (figure 1). D'autres activités de pêche exploratoire à l'extérieur de la zone 1 ont été limitées en raison de conflits concernant les engins avec la flottille de pêche de la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*). En 2018, le TAC est passé de 350 à 700 tm, avec un plafond de 350 tm pour la zone 1. La pêche exploratoire à l'extérieur de la zone 1 est une réussite depuis 2018. Elle a commencé plus tôt à l'été 2018, et les casiers ont été modifiés pour inclure des poids. Un troisième navire a été ajouté à la flottille en 2019.

Division 4W de l'OPANO

En 2011, une pêche expérimentale a été menée dans les régions du banc du Milieu et du banc de l'Île de Sable (figure 4). En 2012, les quantités observées dans les relevés ont été jugées suffisantes pour justifier l'expansion d'une pêche exploratoire avec un TAC fixé à 350 tm pour chaque titulaire de permis. Les débarquements de 2012 étaient toutefois faibles comparativement à d'autres zones viables sur le plan commercial. De 2013 à 2016, les relevés ont montré des débarquements très faibles de buccins, avec des répartitions particulièrement inégales. En 2017, une entreprise conjointe entre les deux titulaires de permis a mené à la découverte d'une section du banc du Milieu comportant des densités beaucoup plus élevées de buccin. Le MPO a encouragé la poursuite de l'exploration à l'extérieur du banc du Milieu pour déterminer s'il y a d'autres concentrations exploitables ailleurs dans la division 4W. En 2018, la taille minimale a été ajustée en fonction de l'information tirée de recherches menées à l'Université Cape Breton, et le TAC a été réduit à 250 tm par titulaire de permis. En 2019, le TAC n'a pas été entièrement capturé en raison des conditions météorologiques et de problèmes mécaniques avec les bateaux, et les efforts ont continué d'être concentrés sur le banc du Milieu en 2019 et en 2020.

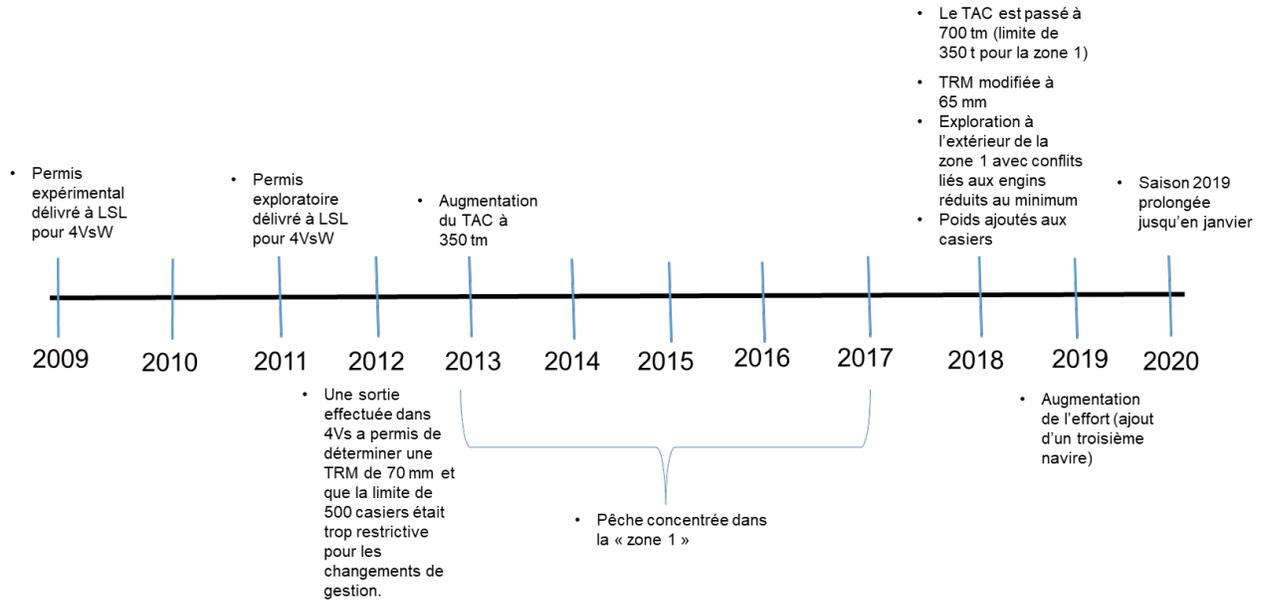


Figure 3. Chronologie des changements apportés à la pêche du buccin (*B. undatum*) dans le secteur extracôtier de la sous-division 4Vs.

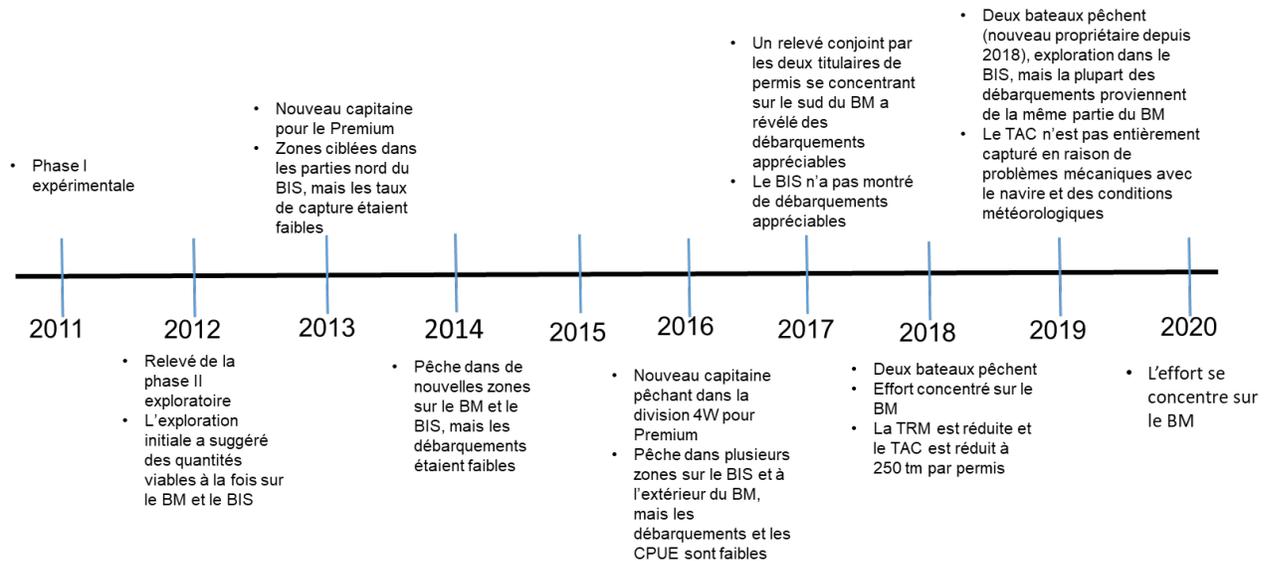


Figure 4. Chronologie des changements apportés à la pêche du buccin (*B. undatum*) dans le secteur extracôtier de la division 4W sur le banc du Milieu (BM) et le banc de l'Île de Sable (BIS).

ANALYSE

SOURCES DE DONNÉES INDÉPENDANTES DE LA PÊCHE

La répartition des densités exploitables de buccin n'est généralement pas bien connue, même dans les zones actuellement exploitées. À l'heure actuelle, il n'y a pas de relevés indépendants pour évaluer la population de buccin dans la région des Maritimes; toutefois, il existe des sources de données recueillies dans le cadre de relevés menés par le MPO.

Le relevé par navire de recherche sur l'écosystème des Maritimes du MPO est effectué chaque été sur le plateau néo-écossais. Les buccins ne sont pas bien capturés par le chalut du relevé sur l'écosystème, mais les tendances des captures au fil du temps sont considérées comme représentatives de la répartition générale de l'espèce (figure 5). Le relevé sur le crabe des neiges des Maritimes du MPO a lieu chaque année à l'aide d'un chalut à petites mailles modifié. Le buccin est souvent capturé comme prise accessoire dans le cadre du relevé sur le crabe des neiges et, bien que ce dernier ne soit pas précisément axé sur le buccin, les données du relevé peuvent donner un aperçu de la répartition dans la zone extracôtière.

Selon la répartition du buccin trouvée dans le relevé de l'écosystème du MPO, des densités exploitables peuvent exister sur le reste du Banquereau (figure 5). Les buccins recueillis dans le cadre de ce relevé ont été classés dans les catégories « buccin commun », « buccin » et « *Buccinidae* », et ont été additionnés par trait de chalut de 2010 à 2020. Plus tôt dans la série chronologique, le relevé sur l'écosystème du MPO n'a pas identifié la plupart des invertébrés au niveau de l'espèce; par conséquent, on a supposé que le niveau de taxonomie supérieur était *Buccinum undatum*. La répartition des œufs de buccin correspondait à la répartition spatiale des adultes dans le relevé sur l'écosystème du MPO (figure 6). Une répartition spatiale semblable a été observée dans le cadre du relevé sur le crabe des neiges des Maritimes du MPO, où les abondances les plus importantes ont été trouvées dans la sous-division 4Vs et la division 4W sur le Banquereau et le banc du Milieu (figure 7). Le relevé sur le crabe des neiges n'a pas permis d'identifier le buccin au niveau de l'espèce et, par conséquent, l'interprétation des données spatiales devrait être effectuée avec prudence, car on sait que plusieurs espèces de buccin sont capturées.

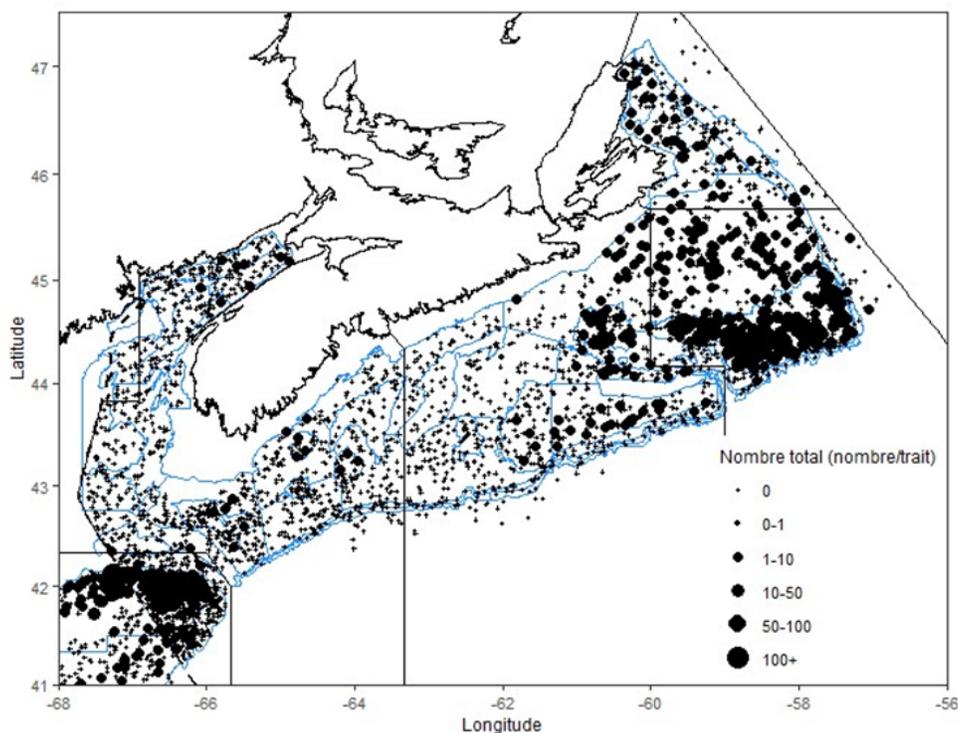


Figure 5. Nombre de buccins capturés dans le cadre du relevé par navire de recherche sur l'écosystème des Maritimes (nombre/trait de chalut) réalisé de 2010 à 2020 (codes d'espèce *Buccinidae*, buccin commun, buccin). Le symbole + indique qu'aucun buccin n'a été trouvé dans ce trait de chalut, et les cercles noirs pleins indiquent la présence de buccins, leur taille croissante étant associée à des abondances accrues. Les lignes bleues indiquent les strates du relevé par navire de recherche sur l'écosystème des Maritimes et les lignes noires, les limites des divisions de l'OPANO.

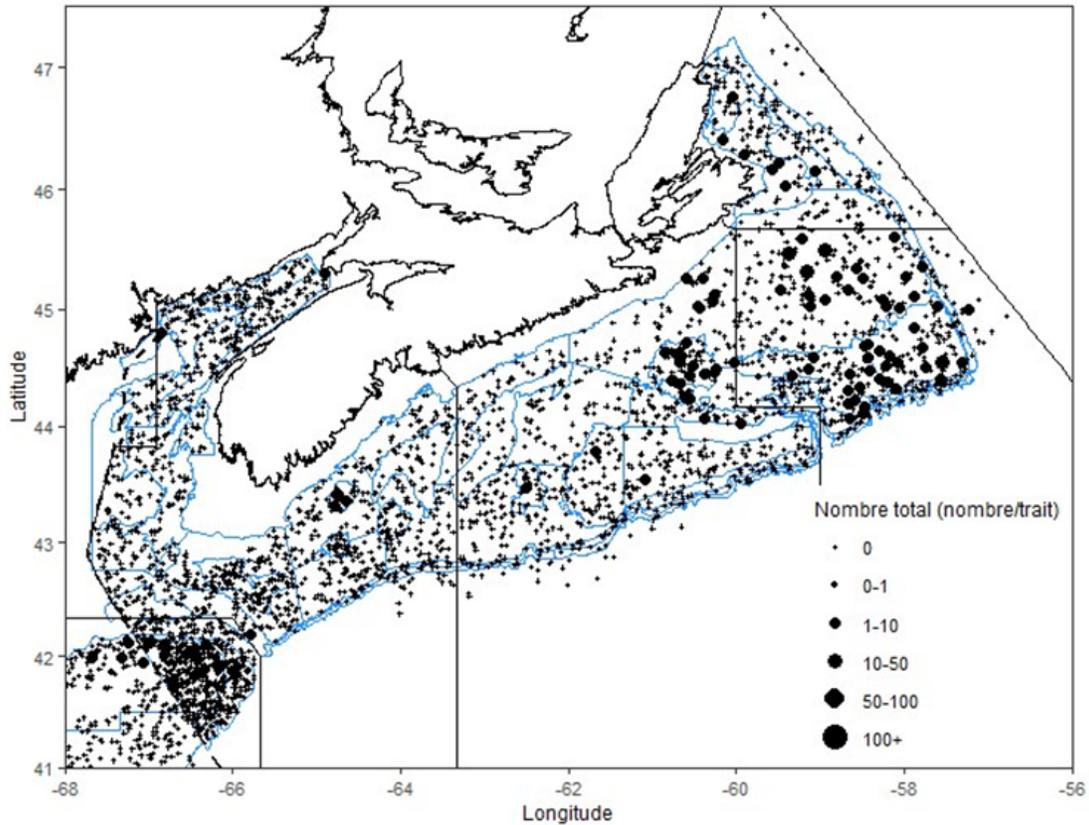


Figure 6. Nombre d'œufs de buccin capturés dans le cadre du relevé par navire de recherche sur l'écosystème des Maritimes (nombre/trait de chalut) de 2010 à 2020 (code d'espèce 1510). Le symbole + indique qu'aucun œuf de buccin n'a été trouvé dans ce trait de chalut, et les cercles noirs pleins indiquent la présence d'œufs de buccin, leur taille croissante étant associée à des abondances accrues. Les lignes bleues indiquent les strates du relevé par navire de recherche sur l'écosystème des Maritimes et les lignes noires, les limites des divisions de l'OPANO.

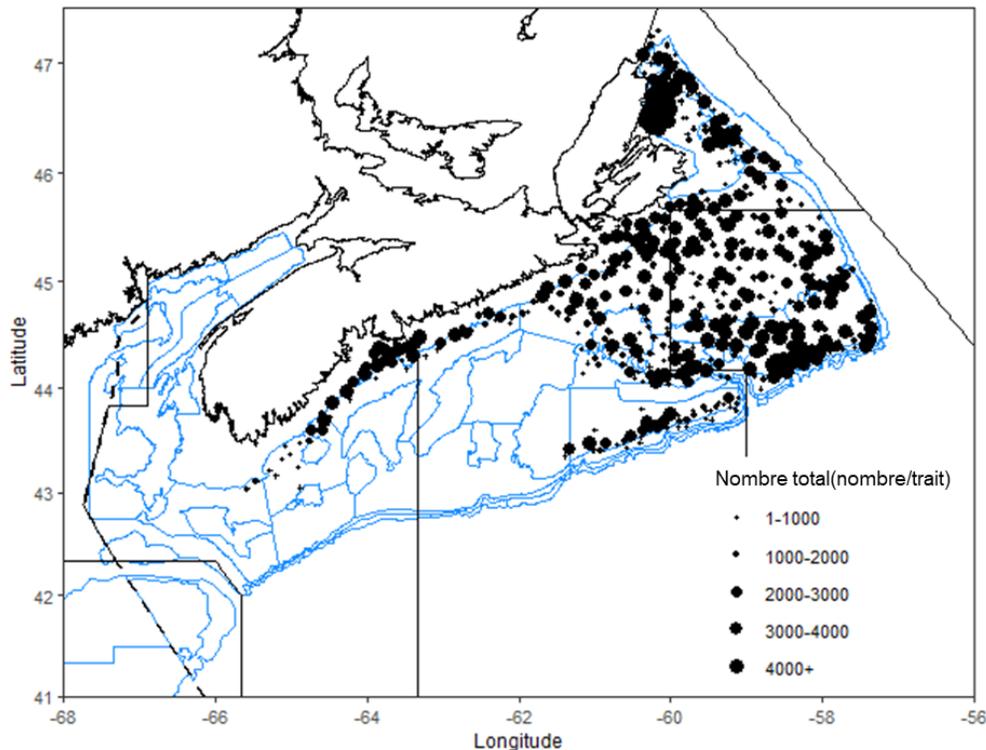


Figure 7. Nombre de buccins capturés dans le cadre du relevé sur le crabe des neiges des Maritimes du MPO (nombre/trait de chalut) de 2002 à 2020. La composition taxinomique peut comprendre d'autres espèces que le buccin. Les cercles noirs pleins indiquent la présence de buccins, leur taille croissante étant associée à des abondances accrues. Les traits de chalut sans buccin ne sont pas représentés dans la figure. Les lignes bleues indiquent les strates du relevé par navire de recherche sur l'écosystème des Maritimes du MPO et les lignes noires, les limites des divisions de l'OPANO.

SOURCES DE DONNÉES DÉPENDANTES DE LA PÊCHE

Pêche commerciale

Débarquements et effort de pêche

Les débarquements de buccin ont généralement augmenté dans la zone extracôtière de la sous-division 4Vs depuis le début de la pêche expérimentale en 2009 (figure 8). Les membres de l'industrie ont exploré une variété d'habitats de banc et ont constamment trouvé des densités exploitables de buccins dans la sous-division 4Vs. En 2018, ils ont trouvé des densités plus élevées dans la division 4W. Les débarquements totaux de buccin les plus élevés ont été de 676 tm dans la sous-division 4Vs en 2020, et de 211 tm dans la division 4W en 2018 (figure 8). Ces dernières années, les débarquements étaient répartis sur l'ensemble du Banquereau dans la sous-division 4Vs et se concentraient dans trois zones principales (zone 1, zone 2, zone 3; figure 1, figure 9). En 2019, les débarquements provenant de la division 4W étaient concentrés sur la partie sud du banc du Milieu, et d'autres activités d'exploration ont eu lieu sur le banc de l'Île de Sable. La plupart des années, y compris en 2020, les débarquements provenaient principalement du banc du Milieu (figure 9).

Il n'y a actuellement aucun débarquement déclaré de natrice dans la pêche du buccin. Le colus de Stimpson a été identifié lors des débarquements de 2019, mais aucun chiffre n'a été fourni, et le rapport indique que le colus de Stimpson représentait moins de 2 % des prises

(Louisbourg Seafoods Ltd. 2019). Comme l'indique le cadre de surveillance des buccins (MPO 2020a), des efforts doivent être déployés pour quantifier le nombre de colus de Stimpson dans les prises à l'avenir.

La pêche du buccin s'est déroulée de juillet à novembre dans la division 4W (figure 10a) et s'est poursuivie jusqu'en décembre dans la sous-division 4Vs (figure 10 b). Au cours des trois dernières années, la plupart des débarquements et des efforts de pêche ont eu lieu entre août et octobre dans les deux zones de pêche.

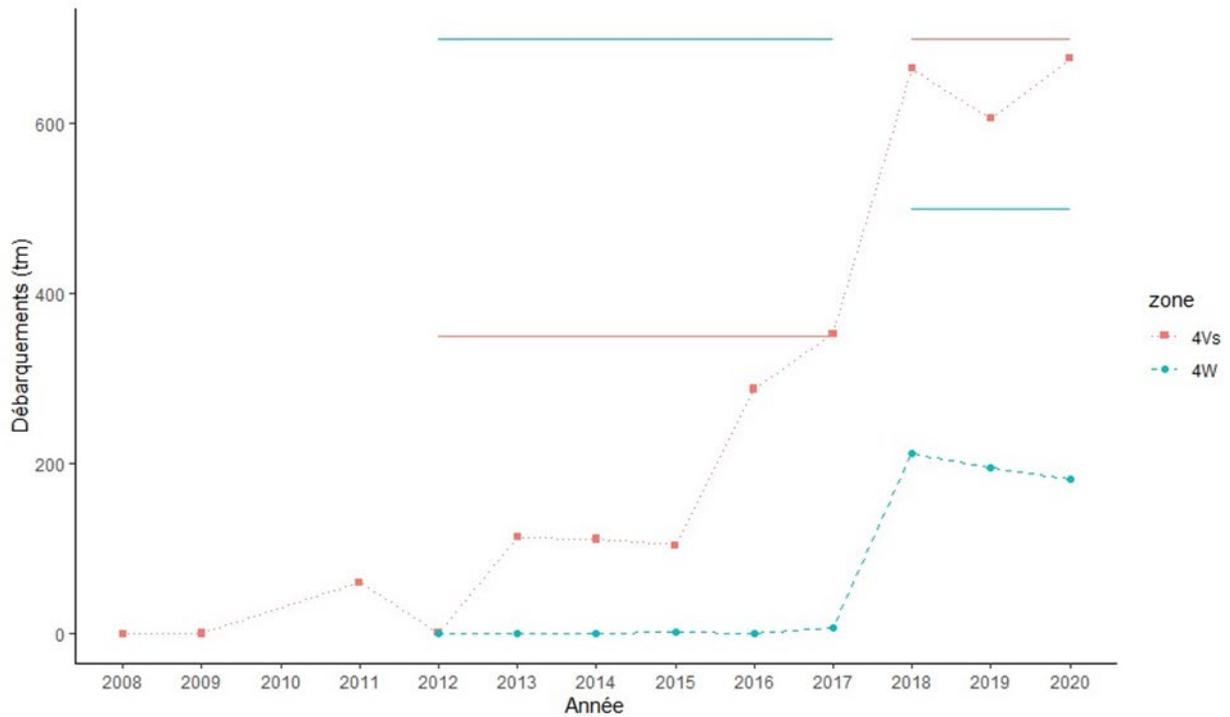


Figure 8. Débarquements de la pêche exploratoire hauturière du buccin (tm) dans la division 4W et la sous-division 4Vs de l'OPANO. Les lignes horizontales bleues indiquent le TAC pour la division 4W et les lignes horizontales roses indiquent le TAC pour la sous-division 4Vs.

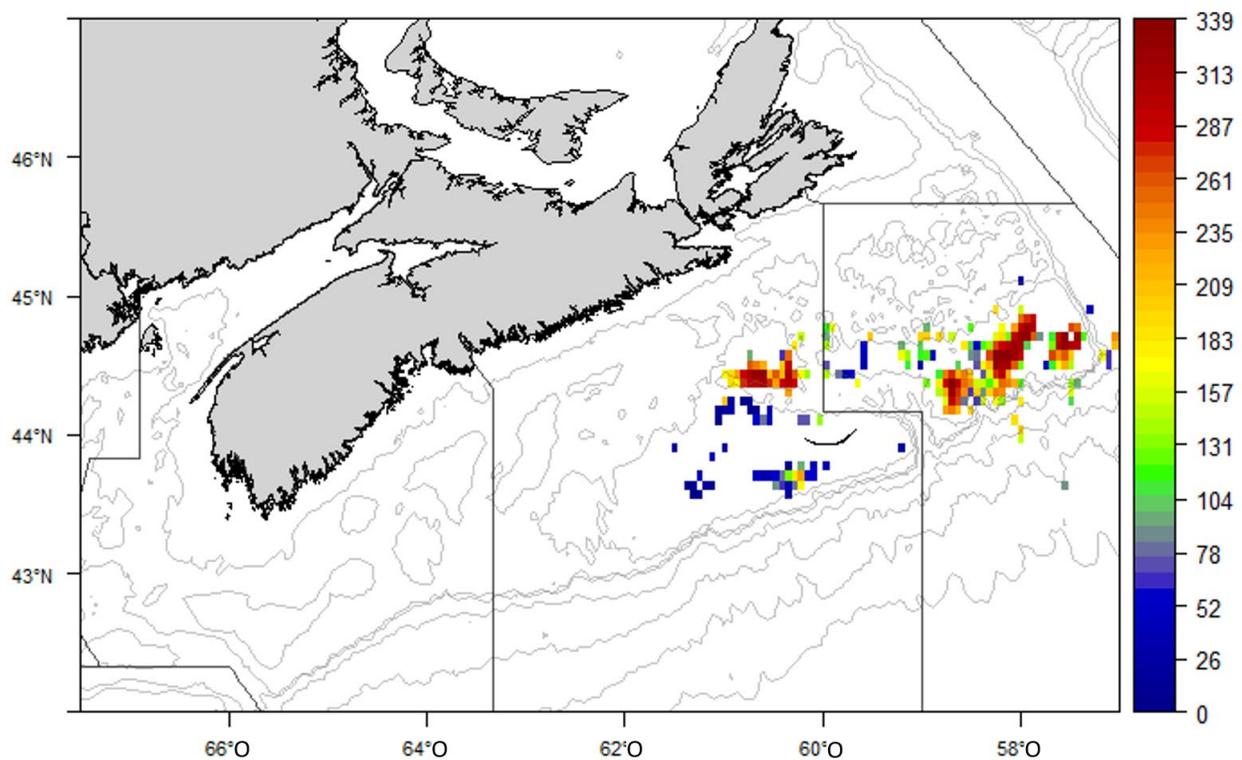


Figure 9. Empreinte spatiale des débarquements totaux (en tm; en utilisant un quadrillage de 5 minutes) de la pêche exploratoire hauturière du buccin dans la division 4W et la sous-division 4Vs de 2009 à 2020. Les lignes grises représentent les lignes isobathes de la profondeur et les lignes noires, les limites des divisions de l'OPANO.

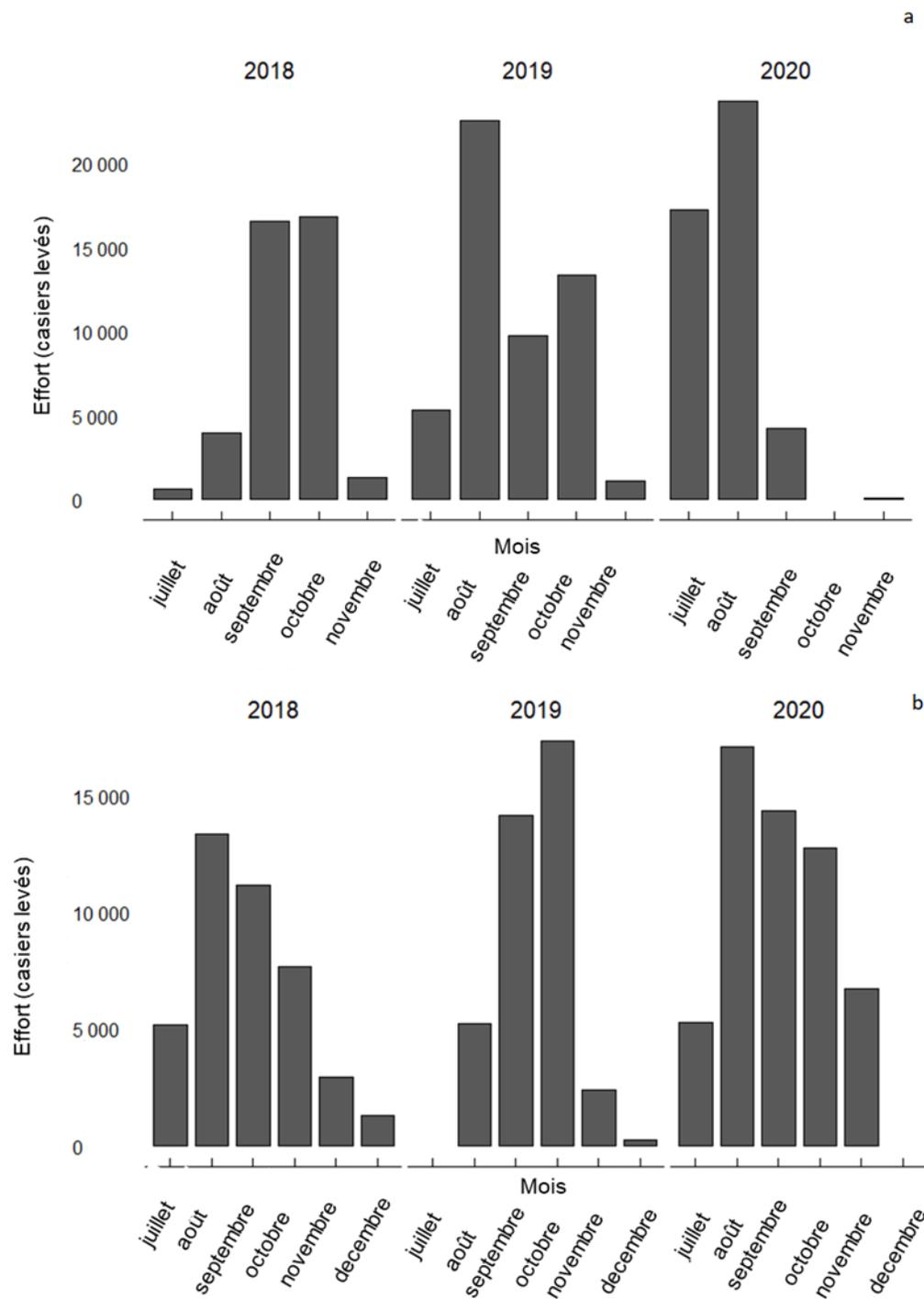


Figure 10. Effort mensuel (nombre de casiers levés) pour la division 4W (a) et la sous-division 4Vs (b) de la pêche exploratoire hauturière du buccin de 2018 à 2020.

L'effort dans la pêche au buccin est basé sur le nombre de casiers levés. Dans les cas où l'information sur l'effort n'a pas été consignée, les représentants de l'industrie ont fourni des copies du document de surveillance du buccin permettant de trouver les renseignements manquants. L'effort n'a pu être déterminé pour certaines calées ($n = 1\ 219$), et cette information a été exclue du calcul de l'effort et du taux de capture. En général, l'effort a augmenté depuis

2015 dans la sous-division 4Vs, les efforts ayant doublé en 2018, sous l'effet d'une augmentation du TAC de 350 à 700 tm et de l'ajout d'un troisième navire à la flottille de pêche au buccin en 2019 (figure 11). Sur le plan spatial, l'effort s'est étendu plus à l'est (zone 2) et à l'ouest (zone 3) ces dernières années sur le Banquereau, l'effort ayant été réduit dans la zone 1 (figure 1, figure 12). Dans la division 4W, l'effort a été minime de 2012 à 2017, mais a augmenté considérablement en 2018 avec l'ajout d'un deuxième navire à la flottille (figure 11). Dans la division 4W, l'effort a été localisé de façon centrale, avec un effort très élevé sur la partie sud du banc du Milieu (figure 12). Cela pourrait être une source de préoccupation, car il s'agit du double de l'effort requis pour saisir la même quantité dans la sous-division 4Vs (figure 13, figure 14).

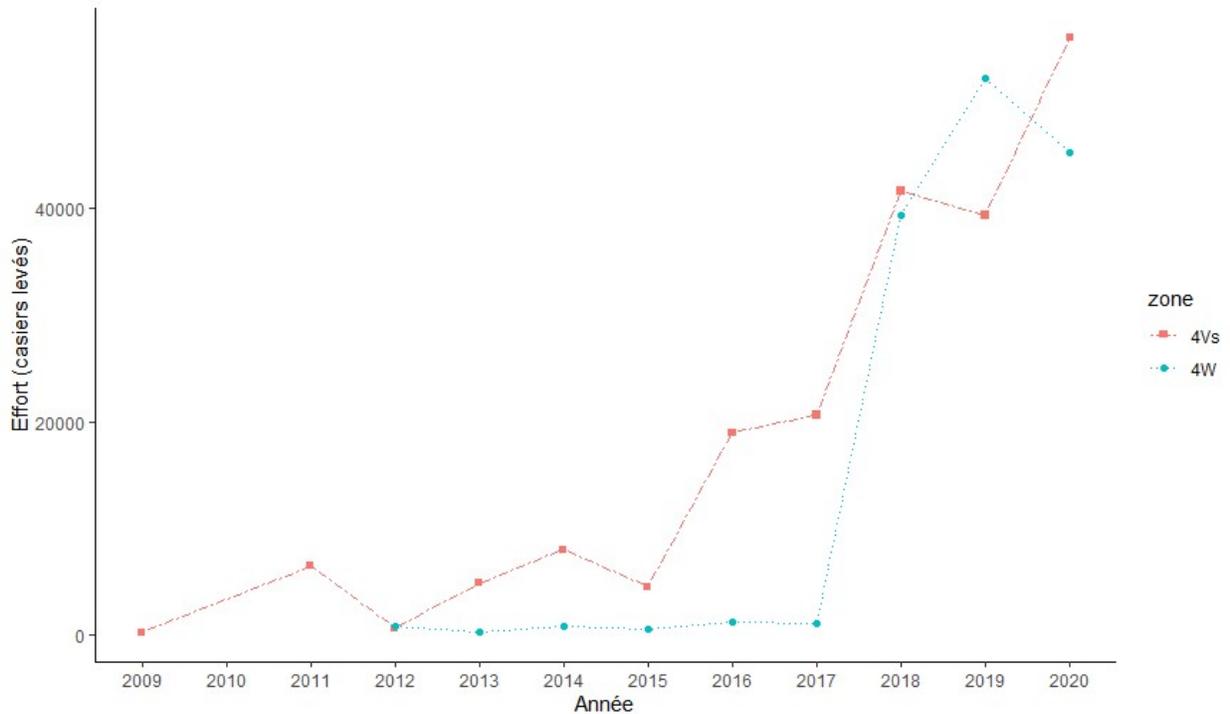


Figure 11. Effort de la pêche exploratoire hauturière du buccin (nombre de casiers levés) dans la division 4W et la sous-division 4Vs de l'OPANO.

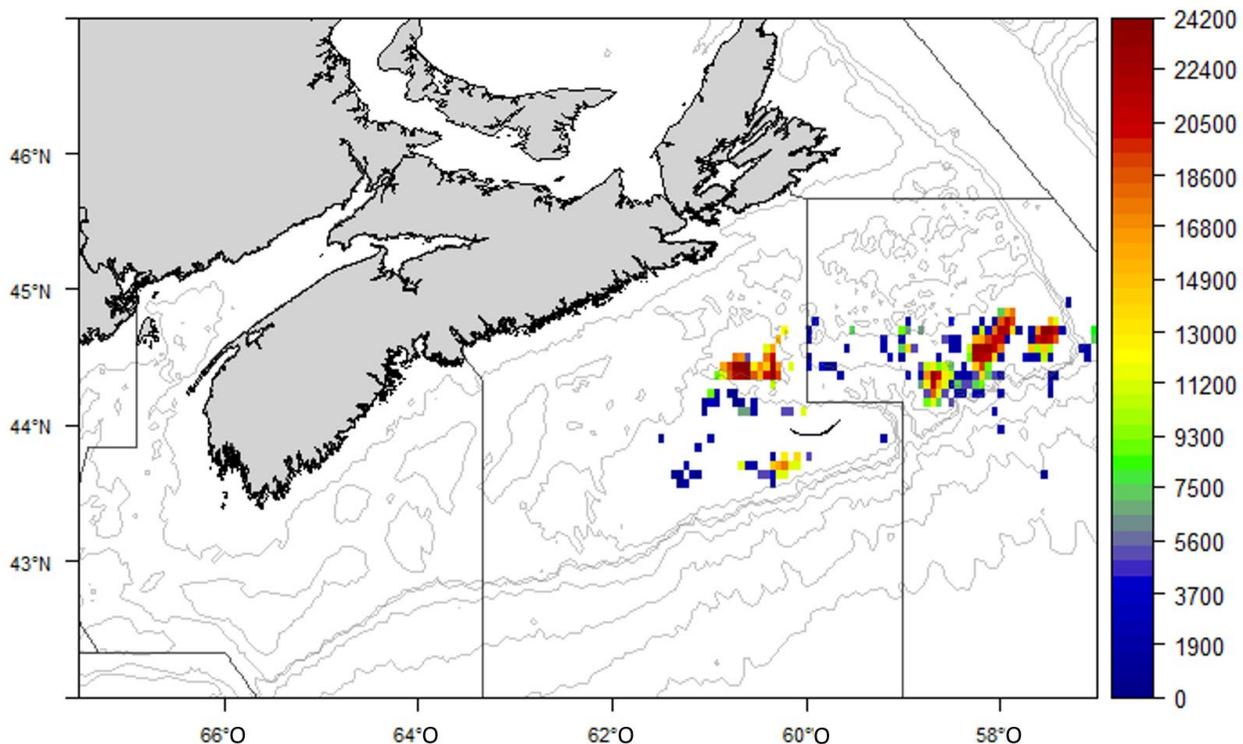


Figure 12. Empreinte spatiale de l'effort (casiers levés; en utilisant un quadrillage de 5 minutes) de la pêche exploratoire hauturière du buccin dans la division 4W et la sous-division 4Vs de 2009 à 2020. On a supposé que les calées sans données sur l'effort comportaient 50 casiers pour l'exploration de l'étendue spatiale. Les lignes grises représentent les lignes isobathes de la profondeur et les lignes noires, les limites des divisions de l'OPANO.

Taux de capture et durée d'immersion

Les taux de capture ont été présentés comme des captures par casier levé; cependant, la durée d'immersion du casier peut avoir une incidence sur cet indicateur et cette considération relative à la déclaration des taux de capture a été soulignée dans le cadre de surveillance du buccin (MPO 2020). Des études sur la durée d'immersion dans les zones de pêche 4Vs et 4W indiquent que les prises augmentent jusqu'à 48 à 72 heures, puis atteignent un niveau de saturation là où plus aucune prise n'est observée (Louisbourg Seafoods Ltd. 2019, Premium Seafoods 2019). Cette relation a été étudiée plus à fond à l'aide des données sur les pêches afin de déterminer si les taux de capture devaient être ajustés en fonction de la durée d'immersion.

Sur le document de surveillance du buccin, la durée d'immersion en jours est une entrée obligatoire, bien que souvent elle ne soit pas consignée ou soit moins exacte puisqu'elle est consignée pour toute la sortie plutôt que pour chaque calée. Pour l'analyse actuelle, la durée d'immersion a été estimée à l'aide des entrées de la date de levée et de la date de calée, et pour les calées où des casiers ont été posés et levés le même jour, on a supposé une durée d'immersion de 12 heures.

Les CPUE non normalisées et normalisées (y compris la durée d'immersion) sont incluses dans les figures 13 et 14 à des fins de comparaison. Les CPUE sur le plateau néo-écossais étaient plus importantes sur le Banquereau que sur les bancs du Milieu et de l'Île de Sable (figure 15). Pour les séries chronologiques de 2009 à 2020 dans la sous-division 4Vs, les estimations des CPUE non normalisées ont augmenté depuis 2012, les CPUE se stabilisant à 12 à 17 kg/casier

au cours des huit dernières années (figure 13). En comparaison, lorsqu'on tient compte de la durée d'immersion, les estimations annuelles des CPUE ont atteint un sommet en 2015 et se sont stabilisées à des CPUE inférieures à environ 10 kg/casier après 2016. Pour la série chronologique de 2012 à 2020 dans la division 4W, les CPUE étaient faibles dans l'ensemble et en 2015, les estimations des CPUE normalisées ont culminé à environ 4 kg/casier par jour, ont diminué en 2016 après un changement de capitaine du navire et se sont stabilisées à 3,5 à 4 kg/casier par jour après 2017. Les taux de capture estimés à partir des CPUE non normalisées étaient plus près de 5 kg/casier et ont atteint un sommet en 2017 (figure 13, figure 14). Sur le plan spatial, les estimations des CPUE dans la division 4W sont plus élevées sur le banc du Milieu que les prises sur le banc de l'Île de Sable (figure 15).

Aucune relation claire n'a été observée entre les CPUE et la durée d'immersion (nombre de jours dans l'eau), possiblement en raison de la grande variabilité des données (figure 16). Les CPUE sont normalisées dans la pêche côtière au buccin du Québec à l'aide d'un modèle linéaire dont le mois est un facteur au niveau de la calée et de la sortie. Des méthodes semblables ont été explorées pour la sous-division 4Vs et la division 4W. Au niveau de la calée, les hypothèses de régression du modèle linéaire n'ont pas été respectées en utilisant des CPUE brutes et ayant subi une transformation logarithmique¹⁰ (voir la figure A1). Lorsque les CPUE ont été combinées au niveau de la sortie, les hypothèses de régression ont été respectées, mais la relation entre les CPUE et la durée d'immersion n'a pas été très grande. Des résultats semblables ont été observés lorsque les CPUE ont été analysées pour chaque zone de pêche (4W et 4Vs) et à une échelle spatiale plus petite (p. ex. A1 dans 4Vs; voir la figure A2). D'après ces analyses, rien n'indique que l'inclusion de la durée d'immersion influence les CPUE et que son exclusion simplifie le calcul de l'indicateur du taux de capture. La durée d'immersion à une échelle plus fine (p. ex. le nombre d'heures) peut donner lieu à des données moins variables et devrait continuer d'être consignée et évaluée pour la surveillance future de la pêche. Toutes les autres références aux CPUE dans le document utilisent les CPUE non normalisées pour assurer la comparabilité entre les calées.

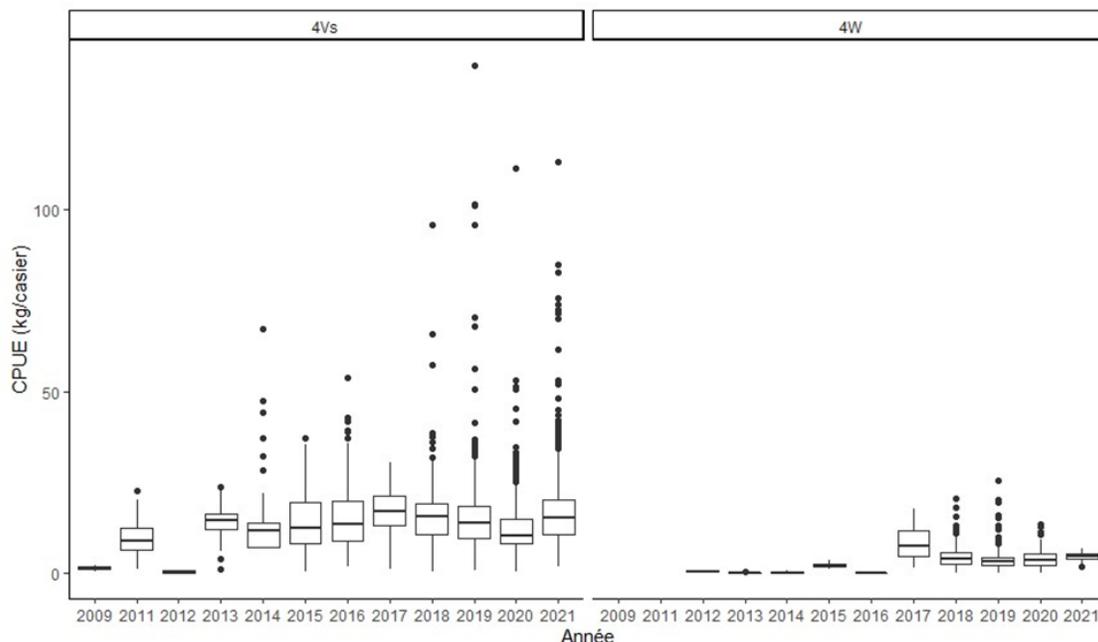


Figure 13. Diagrammes de quartiles des captures par unité d'effort non normalisées (CPUE : kilogrammes par casier) dans la sous-division 4Vs (à gauche) et la division 4W (à droite) de l'OPANO pour la pêche exploratoire hauturière du buccin. La ligne horizontale dans le diagramme de quartiles représente la valeur médiane, tandis que la boîte représente l'écart interquartile. Les valeurs correspondant à 1,5 fois l'écart interquartile sont représentées sous forme de cercles noirs pleins séparés.

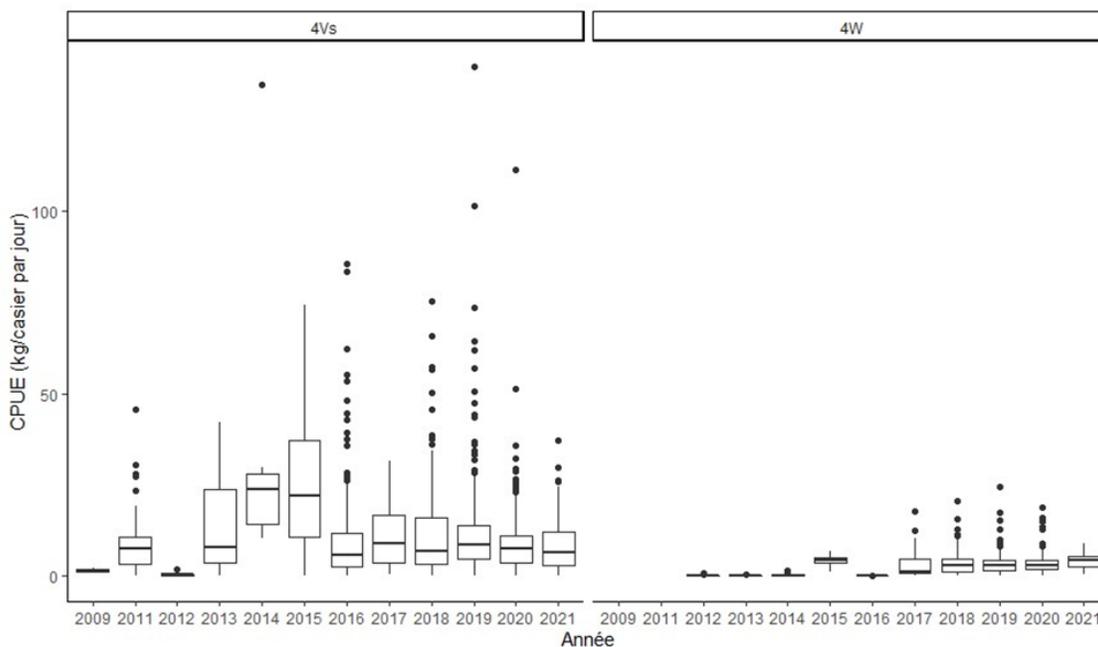


Figure 14. Diagrammes de quartiles des captures par unité d'effort normalisées (CPUE : kilogrammes par casier par jour) dans la sous-division 4Vs (à gauche) et la division 4W (à droite) de l'OPANO pour la pêche exploratoire hauturière du buccin. La ligne horizontale dans le diagramme de quartiles représente la valeur médiane, tandis que la boîte représente l'écart interquartile. Les valeurs correspondant à 1,5 fois l'écart interquartile sont représentées sous forme de cercles noirs pleins séparés.

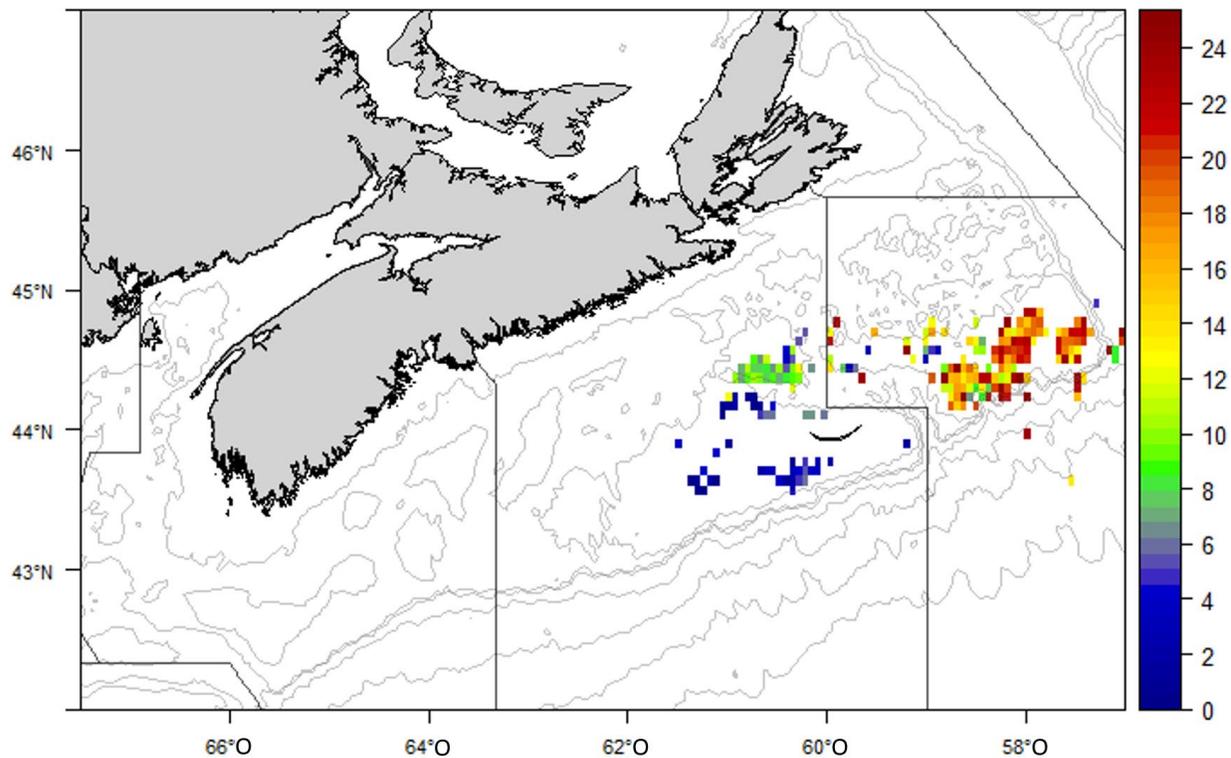


Figure 15. Répartition spatiale des captures par unité d'effort moyennes (débarquements par casier levé en utilisant un quadrillage de 5 minutes) de la pêche exploratoire hauturière du buccin dans la division 4W et la sous-division 4Vs de 2009 à 2020. Les lignes grises représentent les lignes isobathes de la profondeur et les lignes noires, les limites des divisions de l'OPANO.

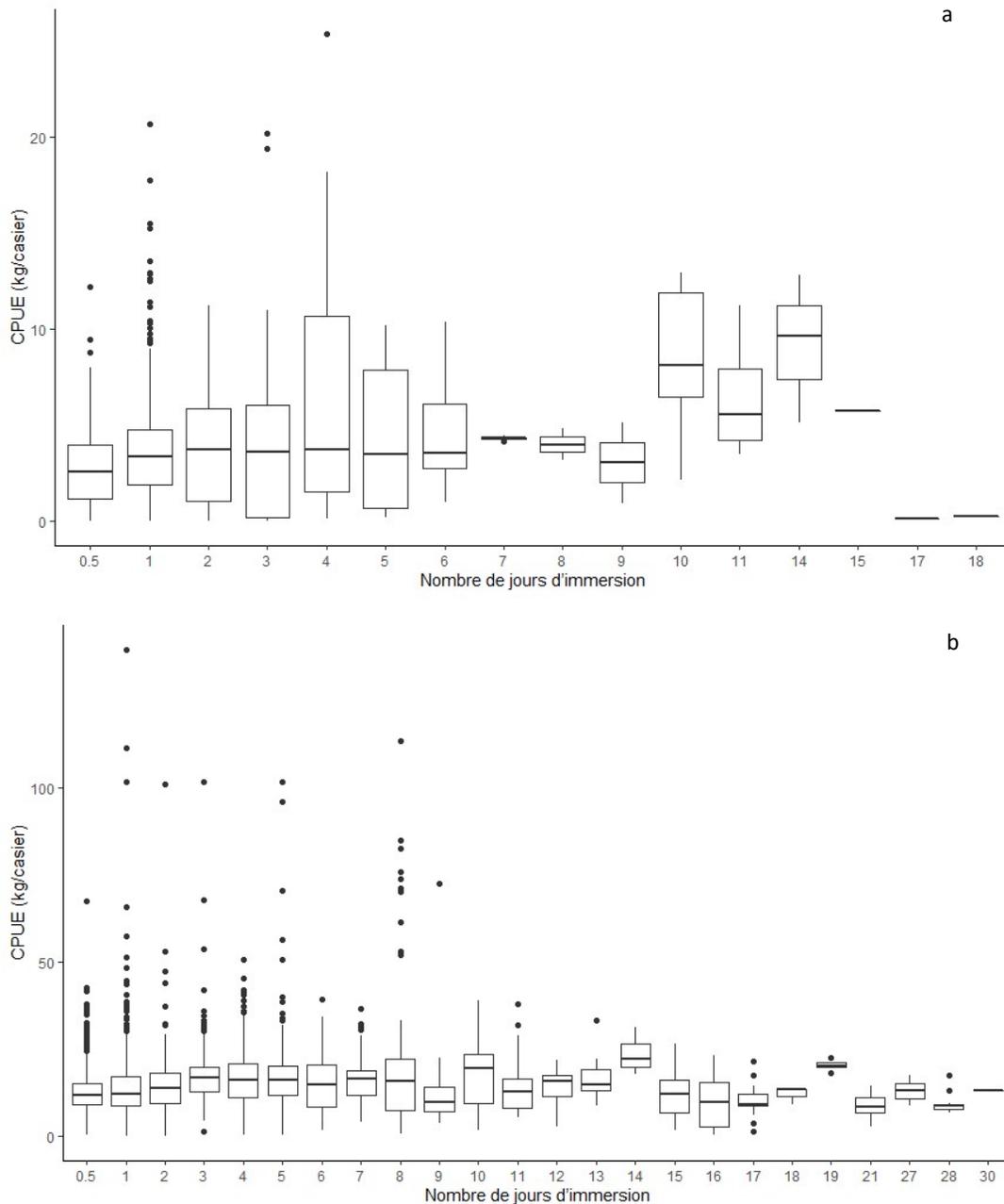


Figure 16. Diagrammes de quartiles des captures par unité d'effort selon le nombre de jours d'immersion du casier de la pêche hauturière du buccin dans la division 4W (a) et la sous-division 4Vs (b). La ligne horizontale dans le diagramme de quartiles représente la valeur médiane, tandis que la boîte représente l'écart interquartile. Les valeurs correspondant à 1,5 fois l'écart interquartile sont représentées sous forme de cercles noirs pleins séparés.

Échantillonnage détaillé

Des données supplémentaires ont été recueillies auprès de l'industrie tout au long de la pêche exploratoire dans la division 4W et la sous-division 4Vs en fonction des sous-échantillons de prises non triées. Des données sur la taille, le sexe, la maturité, l'âge et le parasitisme ont été fournies par l'industrie pour être incluses dans ce cadre, bien que certains des paramètres

observés aient varié tout au long de la série chronologique. Des différences spatiales de taille et de maturité ont été observées à petite échelle dans la zone de pêche 4Vs (Ashfaq *et al.* 2019). Par conséquent, toutes les analyses fondées sur les données ont été divisées en trois zones principales pour la sous-division 4Vs (figure 1). Pour ce qui est de la division 4W, des données spatiales ont été fournies pour les échantillons de 2019 et de 2020; cependant, les données sur l'âge n'étaient disponibles que pour 2019, et de faibles tailles d'échantillon ne permettaient pas un examen à des échelles spatiales plus fines. À l'avenir, il faudrait plus de données pour évaluer la division 4W par zones de pêche définies plus petites.

Dans la division 4W, les rapports des sexes variaient selon l'année, les mâles étant capturés plus souvent que les femelles depuis 2018 (figure 17). Dans la sous-division 4Vs, le rapport des sexes était constant d'une année à l'autre (figure 18a) et d'une région à l'autre (figure 18 b), et un plus grand nombre de femelles ont été observées en 2020. On pense que les femelles se nourrissent moins pendant la période de reproduction; cependant, compte tenu du moment de la pêche et de l'échantillonnage détaillé, il n'a pas été possible d'explorer les rapports des sexes dans les casiers en mai et en juin, lorsque l'on suppose que les femelles pondent des œufs.

Les relations entre la longueur (hauteur de la coquille) et le poids ont été représentées graphiquement pour évaluer les valeurs aberrantes dans les données. Au total, 12 valeurs aberrantes ont été retirées des analyses ultérieures, en fonction de résidus studentisés supérieurs à 4. Les relations longueur-poids variaient selon l'année et la zone (figure 19). Dans la division 4W, les buccins d'une longueur de coquille semblable étaient plus légers que les individus dans la sous-division 4Vs, peut-être parce que les coquilles sont plus épaisses dans les zones de la sous-division 4Vs (figure 19e).

Les répartitions de la taille selon la longueur et le poids de la coquille étaient semblables selon l'année dans la division 4W. Des buccins de petite taille ont été capturés plus fréquemment en 2012 et en 2018. En 2019 et en 2020, les longueurs des échantillons détaillés variaient généralement de 50 à 90 mm (figure 20a). Les poids étaient habituellement plus variables et la fréquence des tailles ne variait pas selon le sexe (figure 20b). Dans la sous-division 4Vs, la répartition de la taille des prises semble liée à la zone échantillonnée. En 2018, de plus petits individus ont été capturés dans la zone 2, et la zone 3 comportait des buccins plus gros que ceux des zones 1 et 2 (figure 21a; figure 21b). Les répartitions de la longueur et du poids de la coquille ne différaient pas selon le sexe (figure 21c). La proportion des prises inférieures à la taille réglementaire minimale dans les casiers était élevée pour les deux zones de pêche et pour toutes les années, probablement parce que la collecte a eu lieu avant le tri à bord (figure 20, figure 21).

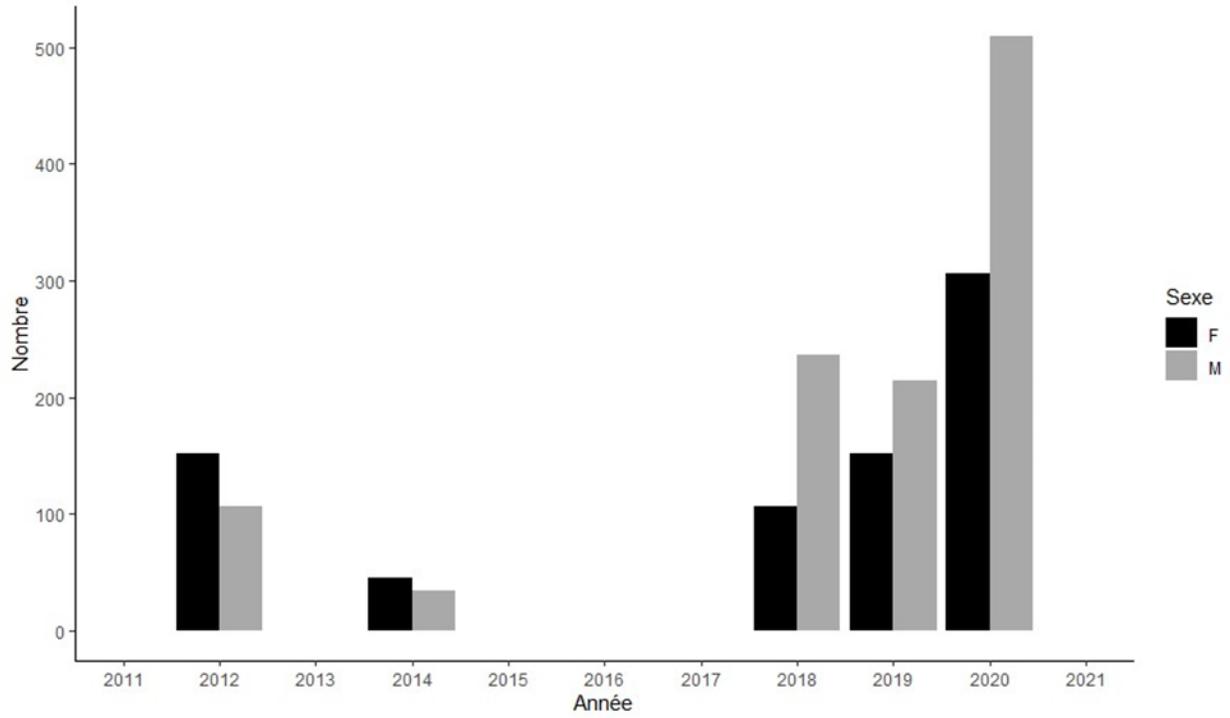


Figure 17. Rapports des sexes de l'échantillonnage détaillé de la pêche du buccin par année dans les zones de pêche de la division 4W.

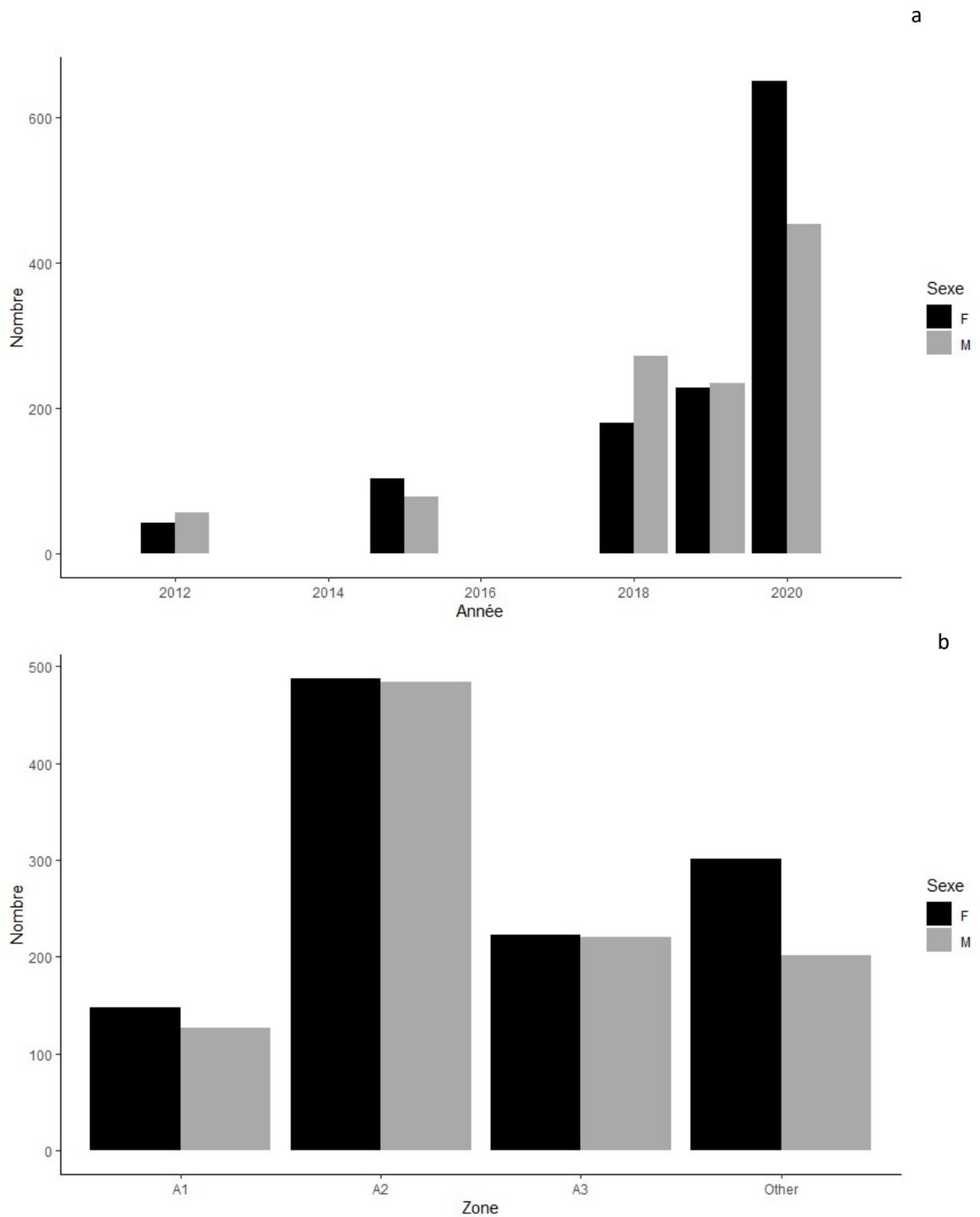


Figure 18. Rapports des sexes de l'échantillonnage détaillé des prises de la pêche du buccin par année (a) et par zone (b) dans les zones de pêche de la sous-division 4Vs.

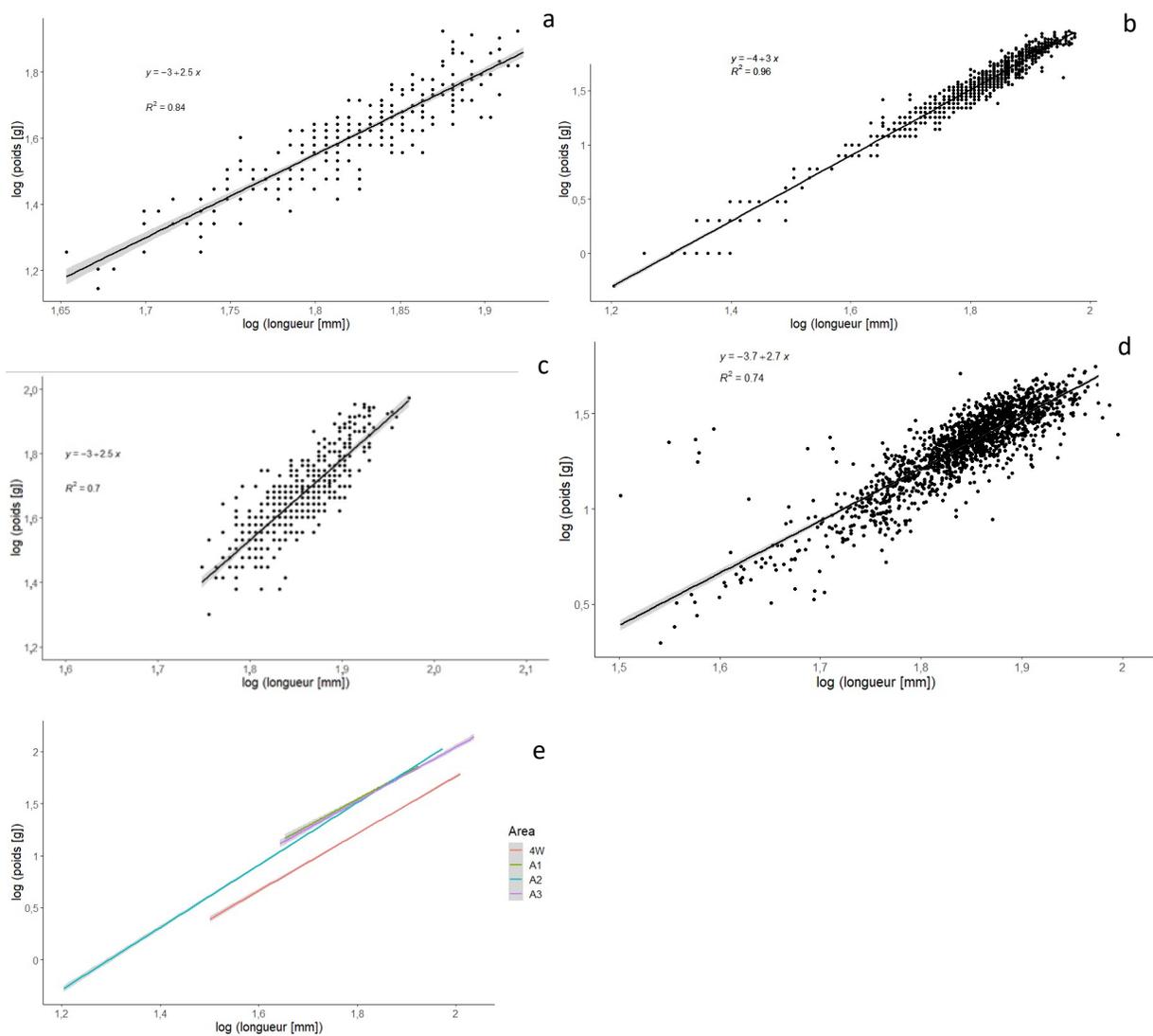


Figure 19. Relations longueur-poids pour les échantillons détaillés prélevés dans la zone 1 (a), la zone 2 (b) et la zone 3 (c) dans la sous-division 4Vs et dans l'ensemble de la zone de pêche de la division 4W (d). Les droites de régression ajustées sont présentées dans le panneau e afin de pouvoir effectuer une comparaison entre les zones.

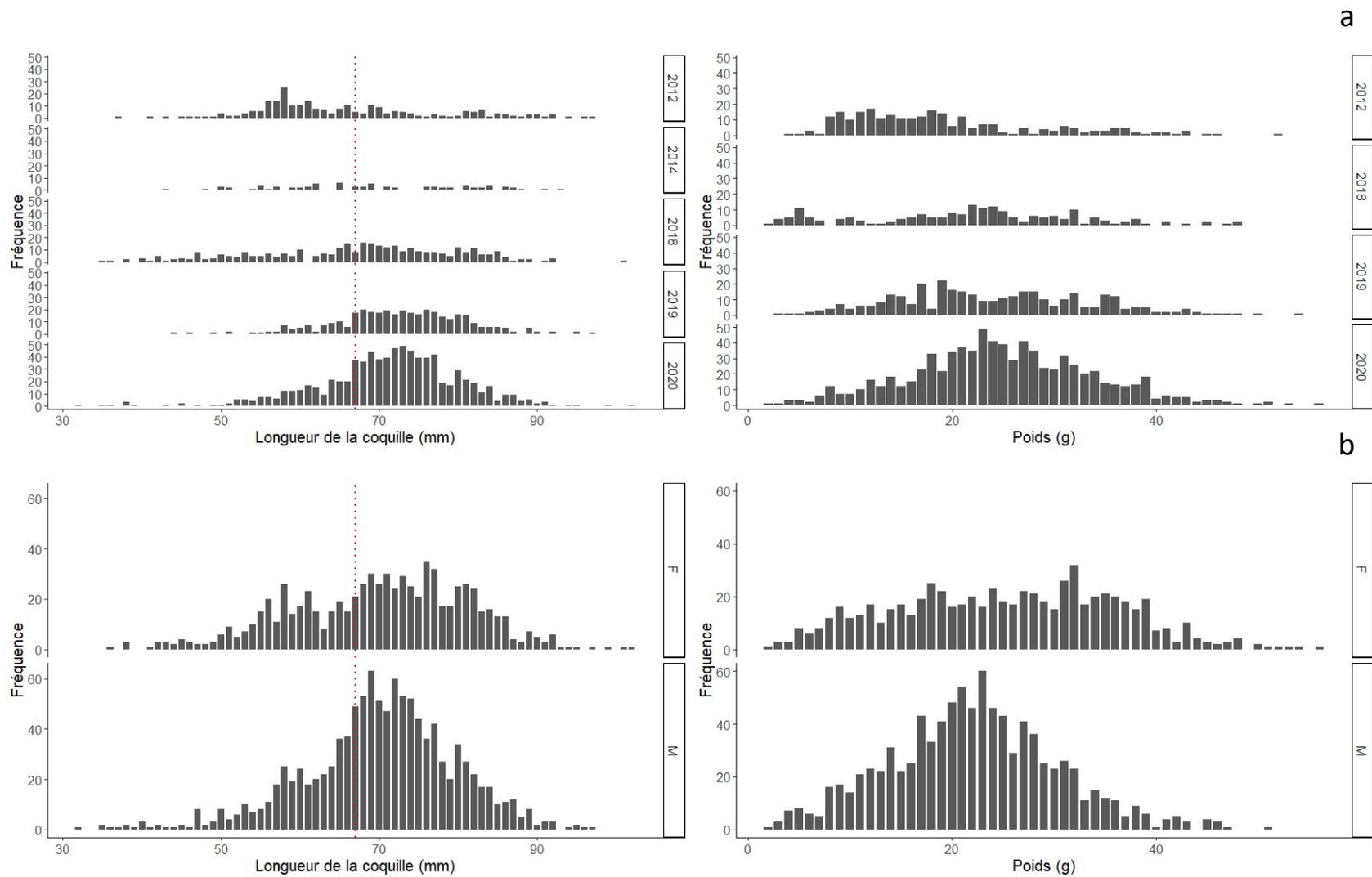


Figure 20. Fréquences de la longueur (à gauche) et du poids (à droite) de la coquille par année (a) et sexe (b) de l'échantillonnage détaillé de la pêche du buccin dans la division 4W. La ligne pointillée verticale rouge représente la taille réglementaire minimale (TRM) à 67 mm.

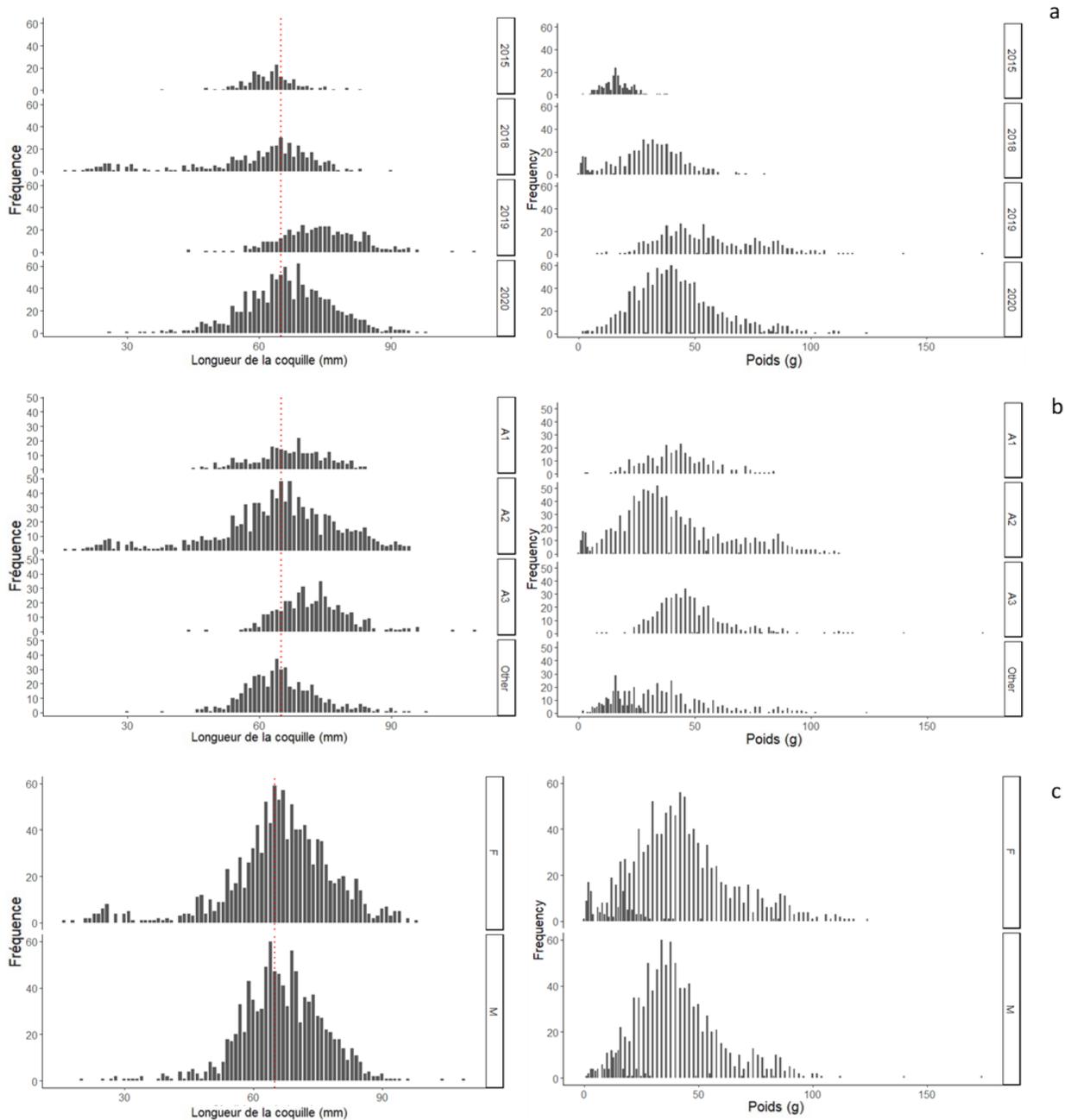


Figure 21. Fréquences de la longueur (à gauche) et du poids (à droite) de la coquille de l'échantillonnage détaillé de la pêche du buccin dans la sous-division 4Vs par année (a), zone (b) et sexe (c). La ligne pointillée verticale rouge représente une taille réglementaire minimale (TRM) de 65 mm de longueur de coquille.

Longueur selon l'âge

Les âges estimés à partir de l'échantillonnage détaillé effectué par l'industrie variaient de 2 à 12 ans dans la division 4W et de 2 à 16 ans dans la sous-division 4Vs (figure 22, figure 23). Dans la division 4W, l'âge moyen de la pêche était de 6 ans. Les prises étaient plus jeunes en 2012, et les buccins les plus vieux et les plus gros ont été pris au cours des dernières années (figure 22). Aucune donnée sur l'âge n'est disponible pour 2020. Des données limitées étaient

disponibles pour la sous-division 4Vs pour 2012 et 2015 ($n = 1$ à 2 sorties). En 2018, des individus plus jeunes et plus petits ont été échantillonnés et des individus plus âgés ont été capturés en 2020 (figure 23a). L'âge médian des prises était de 8,5 ans. Lors de l'examen par zone, le buccin était plus jeune dans les prises effectuées dans la zone 2 (figure 23 b).

Les données sur la longueur selon l'âge ont été recueillies dans la division 4W en 2012, 2018 et 2019 et dans la sous-division 4Vs en 2012, 2015 et de 2018 à 2020. On a eu recours à un modèle de croissance de Gompertz pour décrire la croissance des populations de buccins du Royaume-Uni, en supposant une courbe sigmoïdale ayant une croissance initiale lente (Hollyman *et al.* 2018, Emmerson *et al.* 2020); toutefois, les données sur la longueur et l'âge sont généralement limitées pour le buccin juvénile. Il est donc difficile d'ajuster l'extrémité inférieure de la courbe de croissance, c'est pourquoi de nombreuses études ont utilisé le modèle de croissance de von Bertalanffy pour ajuster les données sur le buccin (Fahy *et al.* 1995, Kideys 1996, Shelmerdine *et al.* 2007, Heude-Berthelin *et al.* 2011, Borsetti *et al.* 2021). Une étude sur des comparaisons des modèles de croissance de von Bertalanffy et de Gompertz appliqués au buccin américain a indiqué que le modèle de von Bertalanffy ajustait généralement mieux les données (Borsetti *et al.* 2021). Par conséquent, une équation de croissance de von Bertalanffy a été ajustée aux données de croissance comme suit :

$$L = L_{inf} * (1 - \exp(-k*(a-t_0)))$$

où a est l'âge, L_{inf} est la taille asymptotique, k est le coefficient de croissance et t_0 est l'âge théorique à une longueur de 0. Pour les deux zones de pêche, le paramètre t_0 n'était pas grand (valeur $p > 0,05$), il a donc été retiré du modèle.

La courbe de croissance a été estimée à l'aide de données limitées après l'âge 8 pour la division 4W. D'après les changements de taille observés à de petites échelles spatiales, la croissance du buccin dans la sous-division 4Vs a été séparée par lieu de pêche. Les zones ont été attribuées aux zones de pêche définies 1 à 3 et toutes les données à l'extérieur de ces lieux ont été définies comme « Autres » (figure 1). Les données spatiales étaient limitées dans la division 4W, de sorte que toutes les zones ont été combinées. Les paramètres de croissance sont résumés dans le tableau 3. Dans la division 4W, k était légèrement plus élevé que dans toutes les zones dans la sous-division 4Vs et L_{inf} était plus élevée que dans toutes les zones de la sous-division 4Vs, sauf dans la zone 2 (tableau 3, figure 24). La courbe de croissance ajustée était semblable dans la sous-division 4Vs pour les zones 1, 3 et « Autres », mais différait pour la zone 2, qui affichait une croissance plus lente jusqu'à l'âge 8, puis une croissance plus rapide pour les âges plus avancés (11 ans et plus) (figure 24).

Tableau 3. Les paramètres de croissance de Von Bertalanffy sont fondés sur des échantillons détaillés de l'industrie de la pêche exploratoire du buccin à l'aide de données sur la longueur et l'âge des coquilles recueillies en 2012, 2018 et 2019 dans la division 4W et en 2012, 2015 et de 2018 à 2020 dans la sous-division 4Vs. L'ajustement du paramètre t_0 n'était pas grand pour toutes les zones et a été retiré de l'équation de croissance. « 4Vs-Toutes » correspond à l'ensemble de la zone de pêche. Les intervalles de confiance à 95 % sont indiqués entre parenthèses. L_{inf} = taille asymptotique, k = coefficient de croissance

Paramètre	4W	4Vs-Zone 1	4Vs-Zone 2	4Vs-Zone 3	4Vs-Autres	4Vs-Toutes
L_{inf} (mm)	83,9 (81,1–86,7)	72,6 (69,2–75,9)	89,3 (85,5–93,0)	78,9 (75,3–82,5)	73,5 (71,7–75,4)	80,3 (78,7–81,8)
k	0,31 (0,28–0,34)	0,28 (0,22–0,33)	0,16 (0,15–0,18)	0,25 (0,20–0,30)	0,30 (0,27–0,33)	0,22 (0,21–0,23)

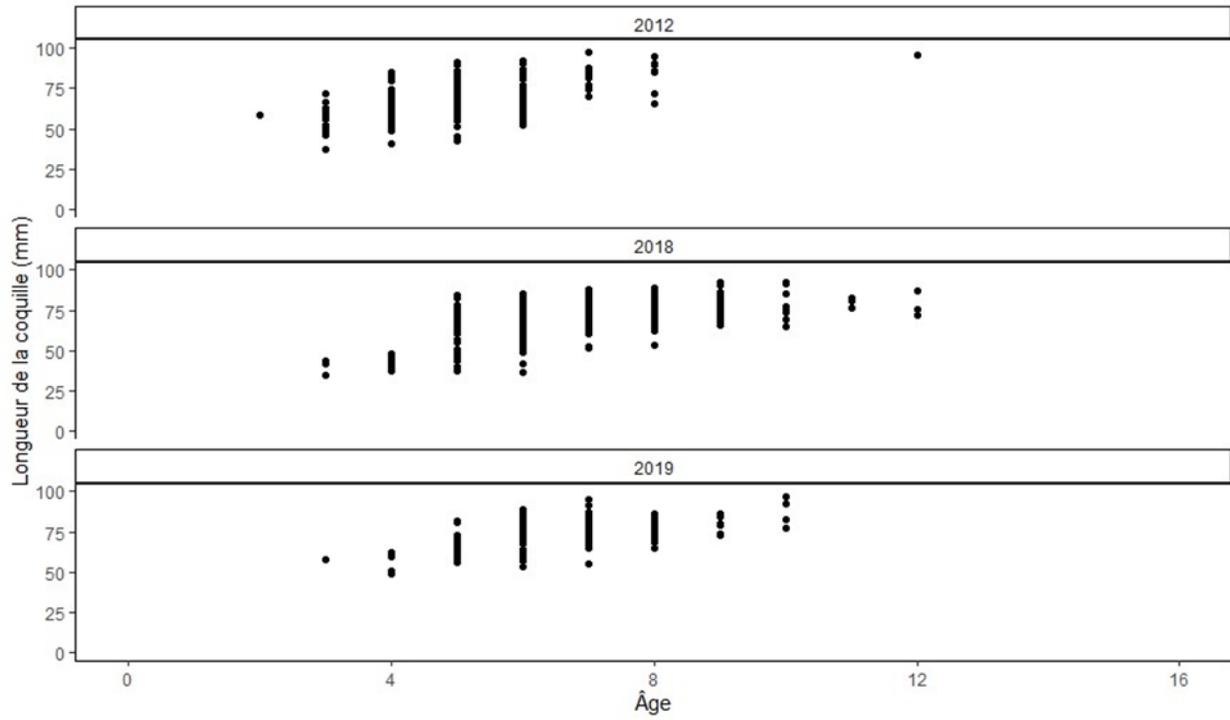


Figure 22. Longueur selon l'âge des échantillons détaillés des prises de buccins dans la division 4W. Aucune détermination de l'âge n'a été effectuée en 2020.

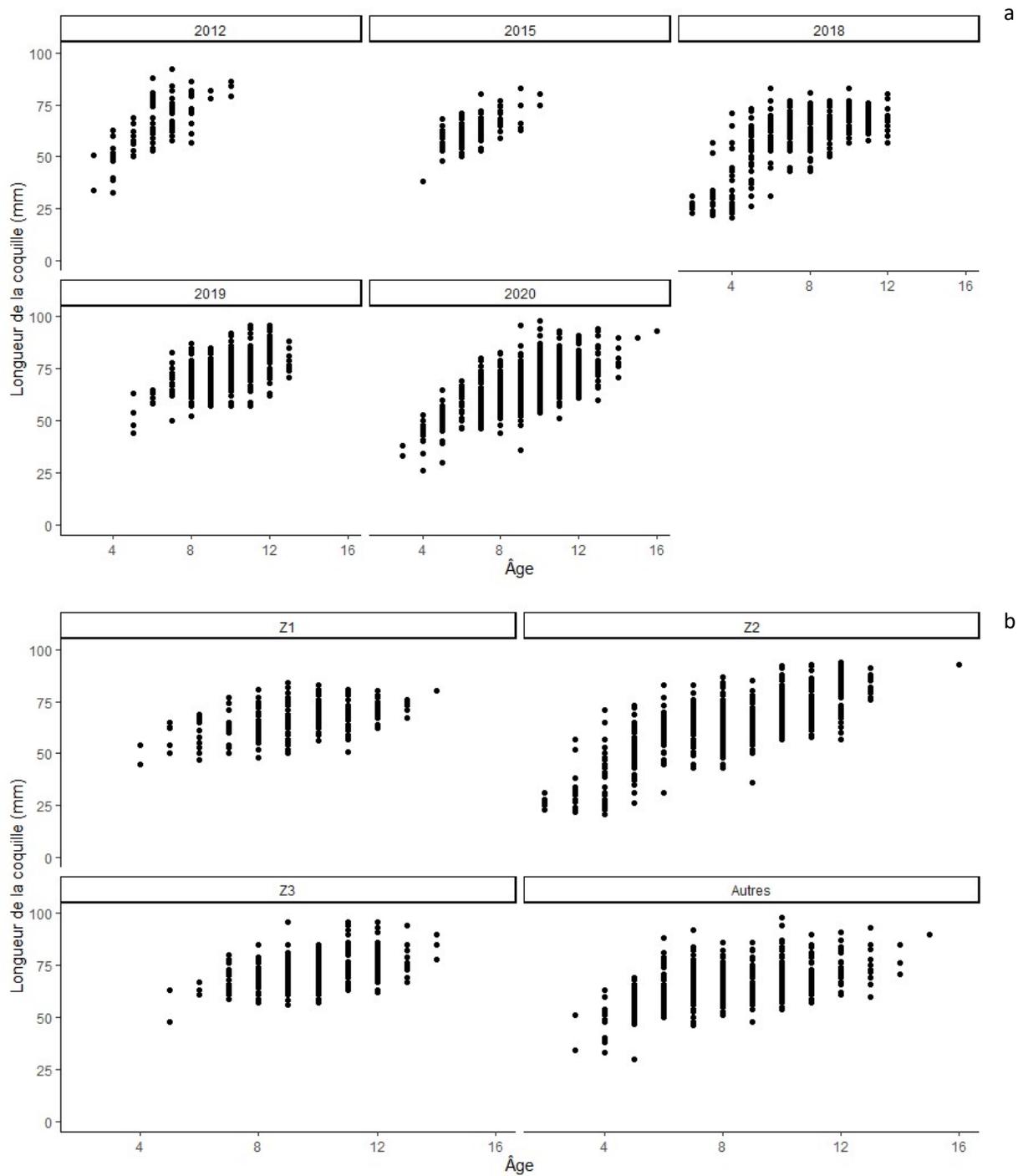


Figure 23. Longueur selon l'âge des échantillons détaillés des prises de buccins dans la sous-division 4Vs par année (a) et par zone (b). La catégorie « Autres » comprend toutes les données à l'extérieur des zones de pêche actuellement définies (zones 1 à 3).

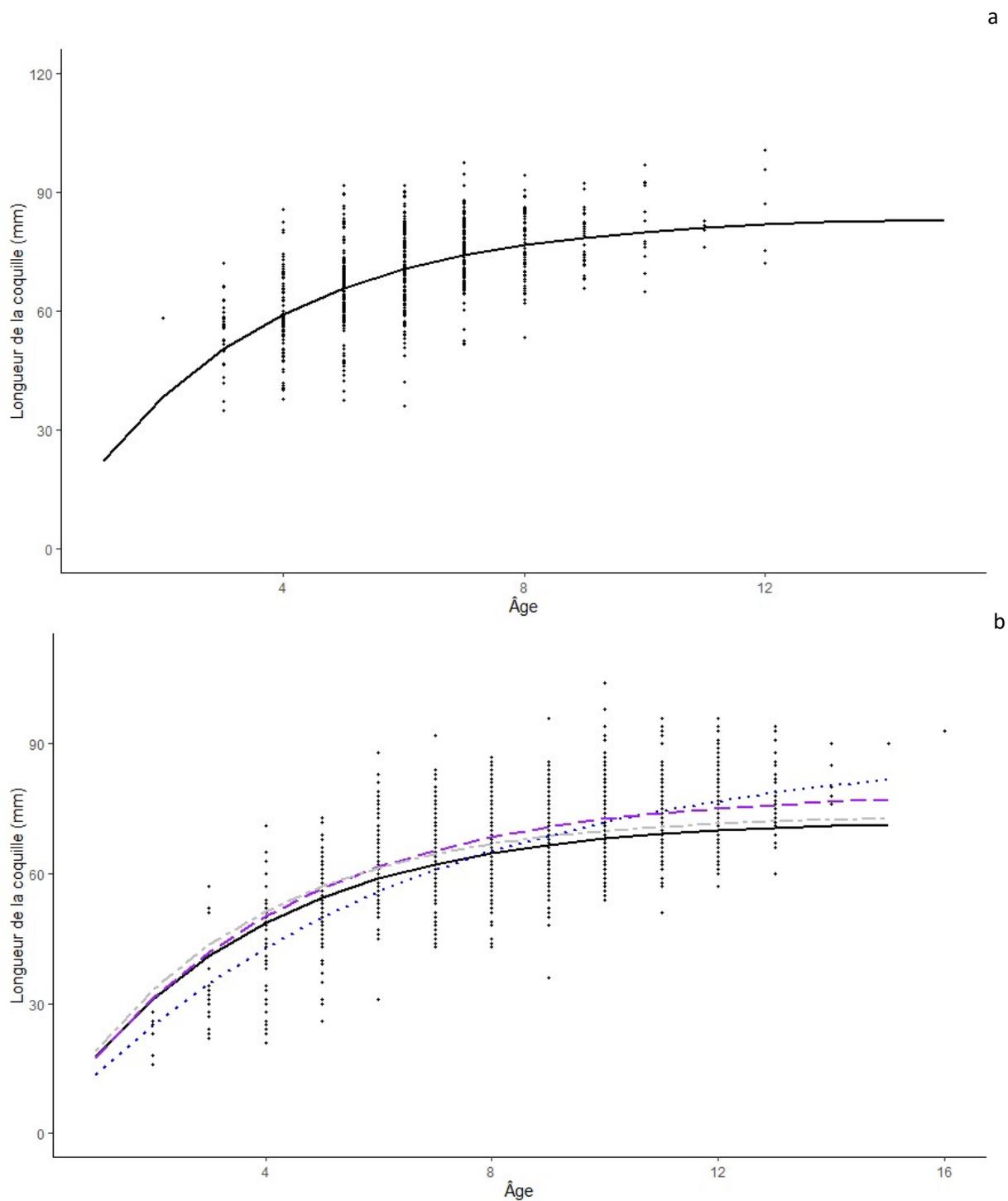


Figure 24. Courbe de croissance de Von Bertalanffy fondée sur un échantillonnage détaillé des prises de la pêche du buccin dans les zones de pêche 4W (a) et 4Vs (b). Pour la division 4W, seules les données de 2012, 2018 et 2019 ont été utilisées. Pour la sous-division 4Vs, les lignes sont basées sur différentes zones, soit la zone 1 (noire, pleine), la zone 2 (bleue, tiretée), la zone 3 (violette, tiretée) et toutes les autres zones (grise, tiretée). Les cercles pleins représentent les données sur la longueur selon l'âge pour chaque échantillon.

Maturité

La maturité des échantillons détaillés a été estimée par un examen externe des gonades du buccin. Chez les mâles, un buccin était considéré comme mature lorsque les gonades dépassaient 50 % de la cavité corporelle (Ashfaq *et al.* 2019) et les femelles ont été classées comme matures en fonction de l'épaisseur des gonades (> 4 mm) ou d'un indice gonadosomatique (IGS) de ≥ 6 %. La longueur et l'âge à maturité ont été estimés à l'aide de modèles de régression logistique binaire. Les individus porteurs de parasites ont été exclus de l'analyse. Pour la division 4W, la longueur à 50 % de maturité (L_{50}) a été estimée à 63,8 mm de longueur de coquille (tableau 4, figure 25), ce qui correspond à l'étude d'Ashfaq *et al.* (2019). Lorsque les buccins de la division 4W étaient séparés par sexe, la L_{50} mesurait 63,4 mm de longueur de coquille chez les mâles et 64,6 mm chez les femelles. Pour la sous-division 4Vs, la longueur et l'âge à maturité ont été estimés séparément par zone. Les estimations de L_{50} étaient semblables pour toutes les zones dans la sous-division 4Vs, allant de 55,3 mm à 58,5 mm de longueur de coquille (figure 26, tableau 4). La L_{50} était plus variable pour la zone « Autres », qui comprenait tous les autres lieux de pêche à l'extérieur des trois principales zones de pêche. Lorsque les buccins de la sous-division 4Vs étaient séparés par sexe, la L_{50} était de 52,4 mm chez les mâles et de 57,6 mm chez les femelles dans la zone 1, de 53,3 mm chez les mâles et de 60,7 mm chez les femelles dans la zone 2, de 59,2 mm chez les mâles et de 58,1 mm chez les femelles dans la zone 3. L'âge à 50 % de maturité (A_{50}) a été estimé être entre 5,5 et 6,5 ans pour toutes les zones (figure 27, tableau 4).

Tableau 4. Longueur (mm) et âge (années) à 50 % (L_{50} et A_{50}) et à 90 % (L_{90} et A_{90}) de maturité du buccin par zone dans la division 4W et la sous-division 4Vs. La catégorie « Autres » comprend les mesures de toutes les autres zones à l'extérieur des trois zones de pêche indiquées.

Zone	L_{50} (mm)	L_{90} (mm)	A_{50} (années)	A_{90} (années)
4W	63,8	80,5	5,5	8,9
4Vs-Z1	55,3	68,0	6,5	10,6
4Vs-Z2	57,2	71,8	6,5	11,4
4Vs-Z3	58,5	68,0	6,0	9,3
4Vs-Autres	56,8	69,2	5,5	11,4

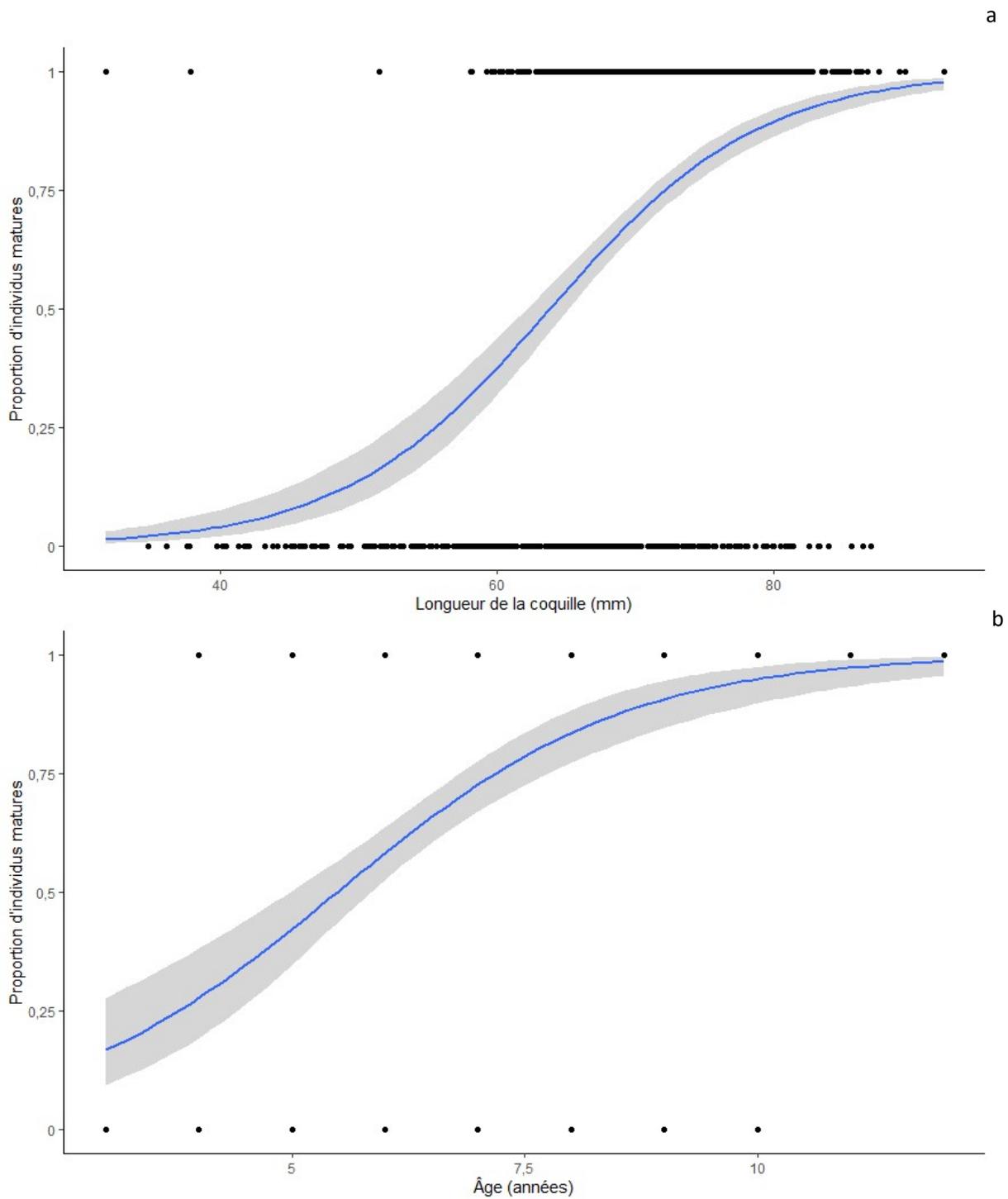


Figure 25. Courbes de maturité selon la longueur a) et l'âge b) estimées à partir de modèles de régression logistique binaire à l'aide de données provenant d'un échantillonnage détaillé des prises de la pêche du buccin dans la division 4W. La zone grise ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

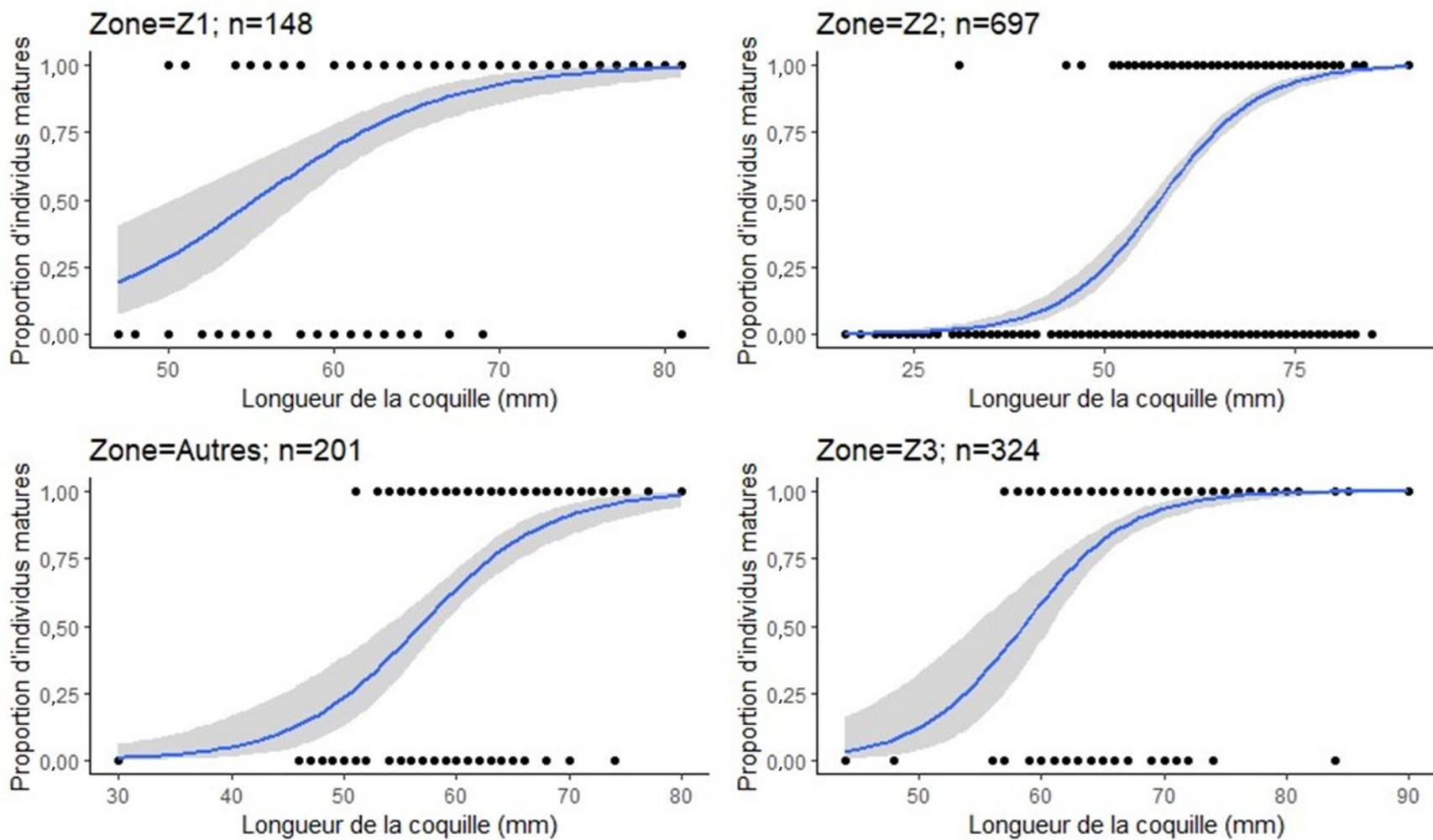


Figure 26. Courbes de maturité selon la longueur estimées à partir de modèles de régression logistique binaire à l'aide de données provenant d'un échantillonnage détaillé des prises de la pêche du buccin dans la sous-division 4Vs par zone de pêche. La zone grise ombrée correspond à l'intervalle de confiance à 95 %, et la taille de l'échantillon est indiquée par « n ». La zone « Autres » comprend toutes les zones à l'extérieur des zones 1 à 3.

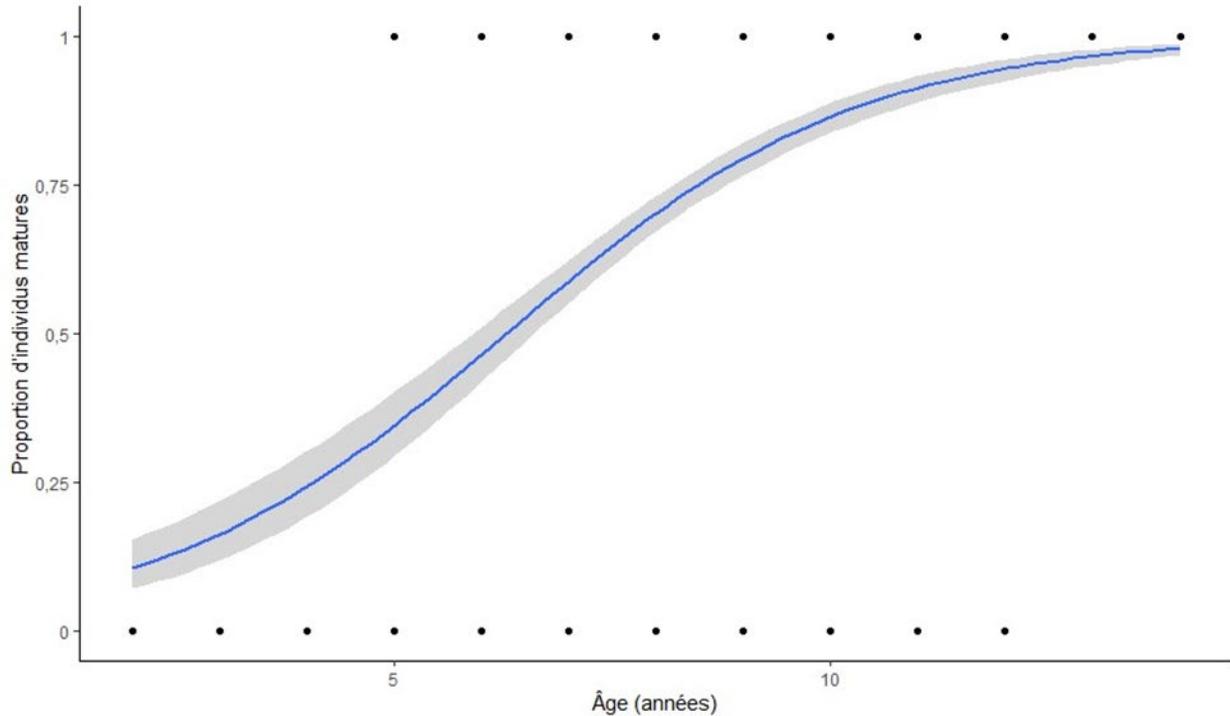


Figure 27. Courbe de maturité selon l'âge estimée à partir d'un modèle de régression logistique binaire à l'aide de données provenant d'un échantillonnage détaillé des prises de la pêche du buccin dans la sous-division 4Vs. La zone grise ombrée représente l'intervalle de confiance à 95 %.

Parasitisme

Dans le cadre de l'échantillonnage détaillé, la présence ou l'absence de parasites a été consignée pour la division 4W et la sous-division 4Vs. Dans la sous-division 4Vs, 69 % des 856 échantillons détaillés examinés comportaient des parasites, et la prévalence ne différait pas selon la zone de pêche (figure 28). Pour la division 4W, des parasites étaient présents dans 14 % des 1 716 échantillons. Aucune coordonnée n'a été fournie pour les échantillons détaillés dans la division 4W, de sorte qu'il n'a pas été possible d'explorer l'analyse spatiale.

Taux de mortalité naturelle

Deux méthodes d'estimation de M fondées sur les caractéristiques du cycle biologique (Then *et al.* 2015) ont été appliquées pour le buccin. La première est basée sur l'âge maximal (T_{max}) :

$$M = 4.899 t_{max}^{-0.916}$$

La seconde est basée sur les paramètres de croissance de von Bertalanffy (k et L_{inf}) :

$$M = 4.118k^{0.73}L_{inf}^{-0.33}$$

Les estimations de M variaient de 0,44 à 0,50 selon la méthode de l'âge maximal, et de 0,25 à 0,40 selon la méthode des paramètres de croissance (tableau 5). Ces estimations sont inférieures aux estimations de M allant de 0,6 à 0,85 provenant d'études menées au Royaume-Uni (de Vooy et van der Meer, 2010; Laptikhovsky *et al.* 2016).

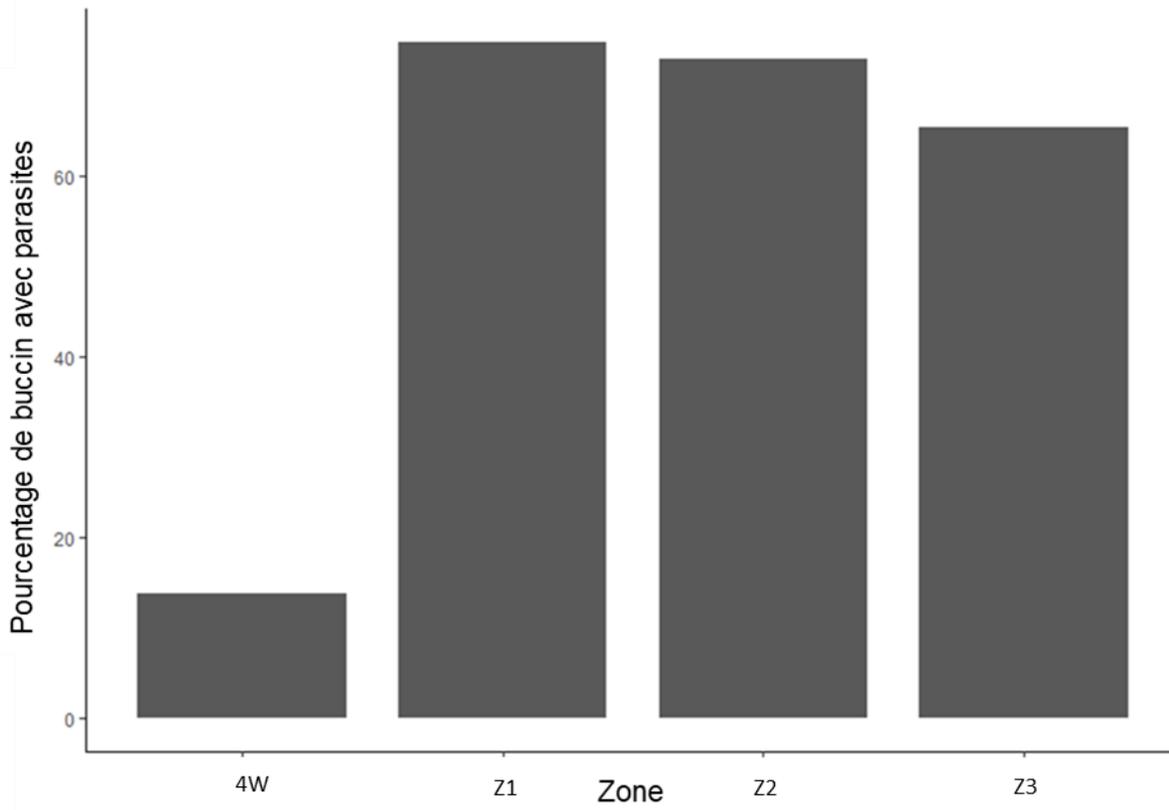


Figure 28. Le pourcentage de parasites par zone de pêche fondé sur des échantillons détaillés prélevés par l'industrie pour les zones de pêche de la sous-division 4Vs (Z1 à Z3) et la division 4W.

Tableau 5. Résumé des estimations du taux de mortalité naturelle (*M*) pour le buccin dans la division 4W et la sous-division 4Vs à l'aide des méthodes utilisées dans Then et al. (2015).

Zone	M (méthode de l'âge maximal)	M (méthode de croissance)
4W	0,50	0,40
4Vs	0,44	0,32
4Vs-Zone 1	0,47	0,39
4Vs-Zone 2	0,47	0,25

INDICATEURS POUR LA SURVEILLANCE DES PÊCHES

Le MPO a mis en œuvre un cadre intégrant l'approche de précaution (AP) pour la gestion des pêches commerciales. Cette politique sur l'AP permet de gérer les menaces de dommages graves ou irréversibles aux pêches lorsqu'il existe une incertitude scientifique (MPO 2009c), et encourage l'élaboration d'une stratégie de pêche qui vise à maintenir le taux d'exploitation à un niveau modéré lorsque l'état du stock est sain, à promouvoir le rétablissement d'un stock en mauvais état et à veiller à ce que les risques de dommages graves ou irréversibles soient faibles (MPO 2009c). La stratégie de pêche provisoire de la politique sur l'AP du MPO comprend un taux d'exploitation de référence (c.-à-d. un taux de récolte) pour trois zones d'état des stocks délimitées par un point de référence limite (PRL) et un point de référence supérieur (PRS). Le PRL se définit comme étant le niveau de stock en deçà duquel la productivité est suffisamment altérée pour entraîner un dommage grave, mais au-dessus duquel un risque d'extinction se pose (MPO 2009c). Les indicateurs de l'état des stocks sont évalués en fonction

de trois zones relatives aux points de référence, soit la zone critique (en dessous du PRL), la zone de prudence (entre le PRL et le PRS) et la zone saine (au-dessus du PRS).

De multiples indicateurs de l'état des stocks et des méthodes d'estimation sont évalués ici pour la surveillance de la pêche du buccin. Les indicateurs et les PRL possibles ont été estimés pour chaque zone de pêche hauturière du buccin dans la région des Maritimes qui fait l'objet d'une pêche régulière, composée du banc du Milieu de la division 4W, et de deux zones dans la sous-division 4Vs (zone 1 et zone 2).

Indicateurs fondés sur les prises

Des indicateurs fondés sur les prises qui reposent sur les données de la pêche commerciale sont couramment utilisés pour évaluer les activités de pêche pour lesquelles les données sont limitées. Les taux de capture peuvent servir d'indicateur de la biomasse pour surveiller les zones de pêche; cependant, il convient de s'inquiéter de la seule utilisation des données dépendantes de la pêche pour surveiller l'état des stocks. Les taux de capture sont une mesure des débarquements et de l'effort. L'effort varie selon la pêche, mais peut comprendre une période (p. ex. la durée du trait de chalut, la durée d'immersion), être lié à l'engin utilisé (p. ex. par casier, nombre d'hameçons) ou inclure la zone de pêche (p. ex. la zone balayée par un chalut). Les indicateurs dépendants de la pêche, comme les CPUE, peuvent être influencés par des changements dans le comportement et l'expérience des pêcheurs, la variabilité annuelle et saisonnière, les progrès technologiques et les changements dans les conditions environnementales (MPO 2009b).

Les mesures de gestion utilisées en parallèle avec les indicateurs du taux de capture peuvent limiter le risque de surexploitation. Par exemple, dans la pêche du buccin au Québec, des mesures de conservation ont été mises en œuvre depuis le début de la pêche, y compris l'aménagement de zones de pêche définies et l'introduction d'un TAC, d'une TRM et d'une saison de pêche écourtée (MPO 2009b).

Approximation de B_0

La biomasse vierge ou inexploitée (B_0) désigne la biomasse d'un stock qui n'a pas encore été pêchée, et une proportion de B_0 est couramment utilisée comme PRL possible (p. ex. Mace 1994, Sainsbury 2008). Dans les activités de pêche pour lesquelles les données sont limitées, les CPUE peuvent servir d'approximation de la biomasse en supposant que les deux paramètres sont proportionnels l'un à l'autre (MPO 2015). S'il existe des renseignements sur l'état des ressources avant ou peu de temps après le début de la pêche, certaines inférences au sujet de B_0 peuvent être possibles (Gabriel et Mace 1999).

Pour chaque zone de pêche, les CPUE annuelles moyennes maximales de la série chronologique ont été utilisées comme approximation de B_0 et constituaient la base de l'estimation des PRL possibles. Les CPUE annuelles moyennes maximales de la série chronologique ont été utilisées plutôt que les CPUE de la première année de pêche, en partant de l'hypothèse que les taux de capture des premières années de pêche exploratoire ne sont pas une représentation fidèle des taux de capture potentiels (p. ex. Kleisner *et al.* 2013).

Les PRL possibles ont été estimés en utilisant 20 % et 30 % de l'approximation de B_0 . La base pour établir le 20 % de B_0 a été obtenue en supposant une productivité faible à moyenne et en définissant B_{RMD} à 40 % de B_0 , une approximation « par défaut » généralement accepté pour B_{RMD} , et en établissant le PRL possible à 50 % de B_{RMD} (ministère des Pêches, 2011). Compte tenu des incertitudes concernant le stock (c.-à-d. structure du stock, répercussions d'une faible taille de la population) et afin de fournir un tampon contre les nouvelles pressions de la pêche et les changements de l'écosystème, une approximation de B_0 plus conservatrice à 30 % a

également été envisagée sur la base des directives de Sainsbury (2008) pour l'établissement des points de référence.

Pour la division 4W et la sous-division 4Vs, les taux de capture ont été estimés séparément pour les principales zones de pêche afin de tenir compte de la variation connue des caractéristiques du cycle biologique entre les zones et des différences observées des taux de capture dans la division 4W. Pour la série chronologique de 2014 à 2020 dans le banc du Milieu de la division 4W, des CPUE annuelles moyennes maximales (7,91 kg/casier) ont été observées en 2017 et ont été utilisées comme approximation de B_0 . De faibles valeurs de CPUE ont été enregistrées au cours des premières années d'exploration de la division 4W; toutefois, elles se sont stabilisées à partir de 2018 (figure 2c). Les PRL possibles, basés sur 20 % et 30 % de l'approximation de B_0 , étaient respectivement de 1,58 kg/casier et de 2,37 kg/casier (figure 30). En 2020, les CPUE étaient au-dessus des deux PRL possibles.

Pour la sous-division 4Vs, la majorité des activités de pêche a eu lieu dans la zone 1, avec une exploration récente s'étendant à d'autres zones de pêche. Pour les séries chronologiques de 2011 à 2020 dans la zone 1 de la sous-division 4Vs, les estimations annuelles moyennes des CPUE ont diminué depuis 2017 (17,4 kg/casier) et ont fluctué entre 12 et 15 kg/casier pour la plupart des séries chronologiques (figure 31), mais sont demeurées au-dessus des PRL possibles (3,48 kg/casier, 5,22 kg/casier, figure 32). L'exploration dans la zone 2 de la sous-division 4Vs a commencé en 2018, et les CPUE ont diminué d'une moyenne annuelle maximale de 17,0 kg/casier à 13,3 kg/casier en 2020. En se basant sur les CPUE moyennes annuelles maximales en 2018, les PRL possibles seraient de 3,40 et 5,09 kg/casier respectivement pour 20 % et 30 % de l'approximation de B_0 (figure 33). Des données supplémentaires seraient nécessaires pour établir des points de référence pour la zone 3, qui n'est actuellement exploitée que depuis deux ans.

Selon la répartition asymétrique des données, les analyses de sensibilité ont été exécutées pour toutes les zones en utilisant la valeur médiane annuelle maximale de la série chronologique plutôt que la moyenne annuelle. Les résultats ne différaient pas sensiblement des valeurs moyennes des CPUE et n'ont donc pas été inclus dans le présent document.

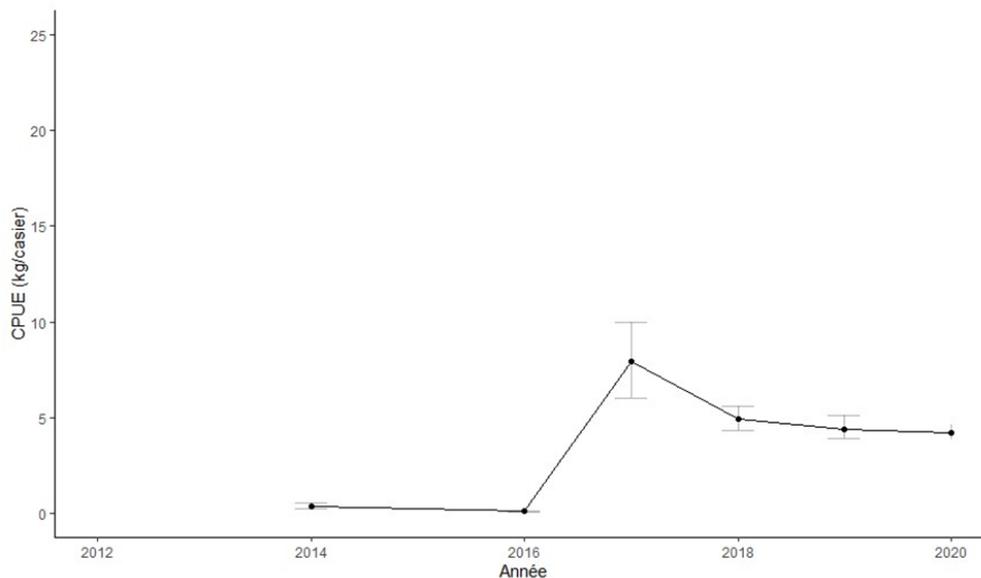


Figure 29. Captures moyennes par unité d'effort (CPUE : kg/casier) pour la pêche hauturière du buccin sur le banc du Milieu de la division 4W. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 % pour la moyenne annuelle des CPUE.

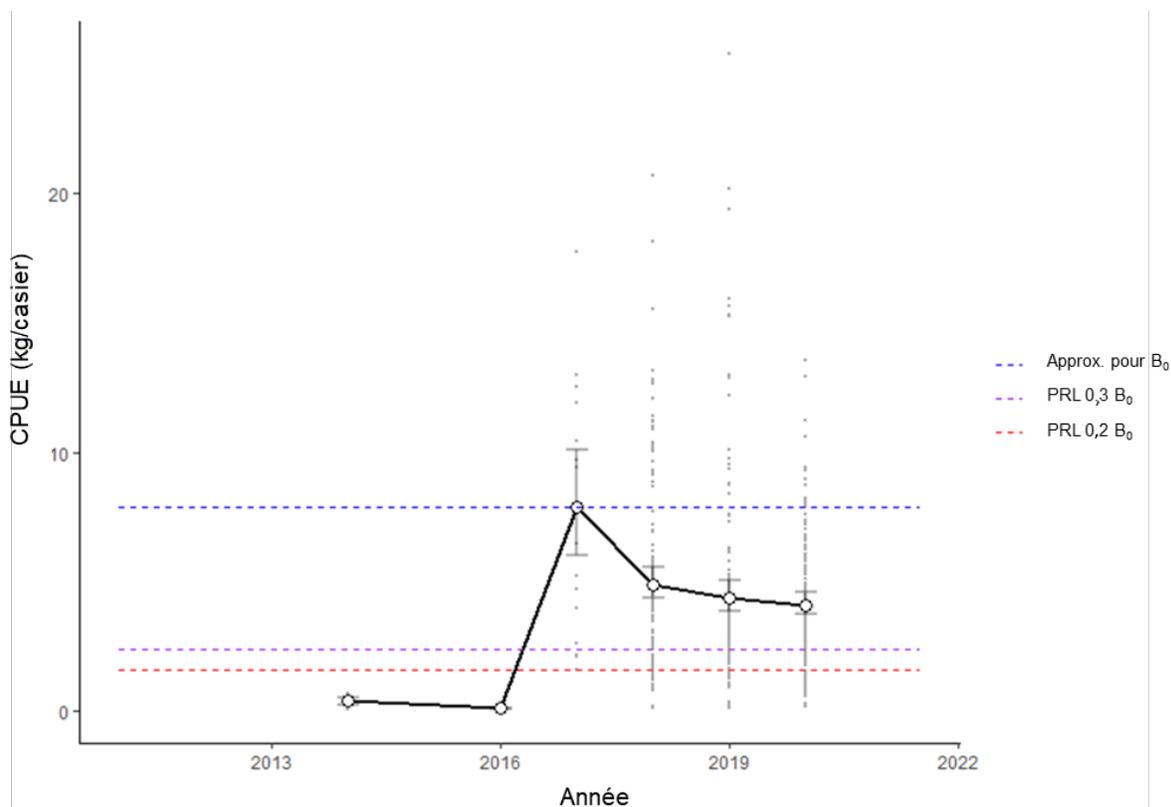


Figure 30. Captures moyennes par unité d'effort (CPUE : kg/casier, cercles vides) pour la pêche hauturière du buccin sur le banc du Milieu de la division 4W. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 % pour la moyenne annuelle des CPUE. Les cercles gris pleins représentent les CPUE annuelles distinctes par calée. La ligne bleue est l'approximation de B_0 basée sur la valeur moyenne maximale de la série chronologique, la ligne rouge représente 20 % de l'approximation de B_0 et la ligne violette, 30 % de l'approximation de B_0 .

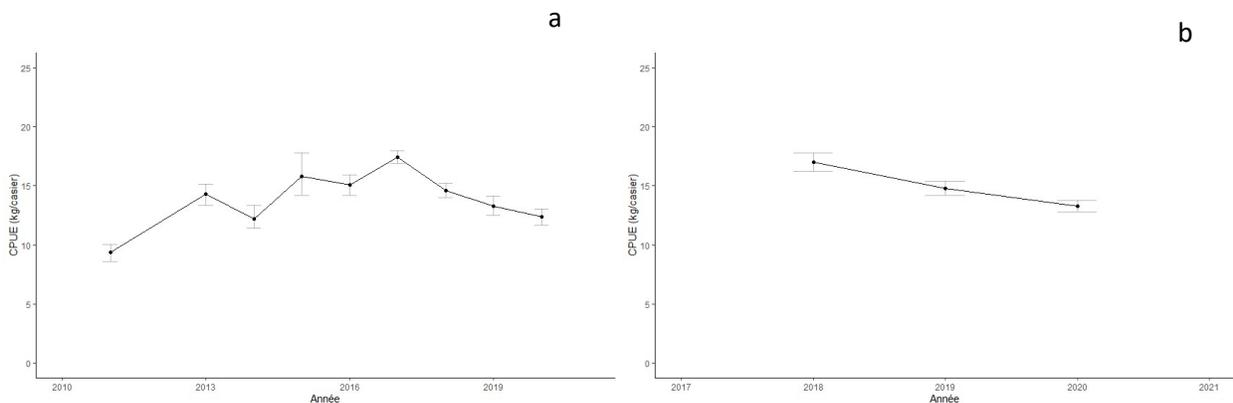


Figure 31. Captures moyennes par unité d'effort (CPUE, kg/casier) pour la pêche hauturière du buccin dans la zone 1 (a) et la zone 2 (b) de la sous-division 4Vs. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 % pour la moyenne annuelle des CPUE.

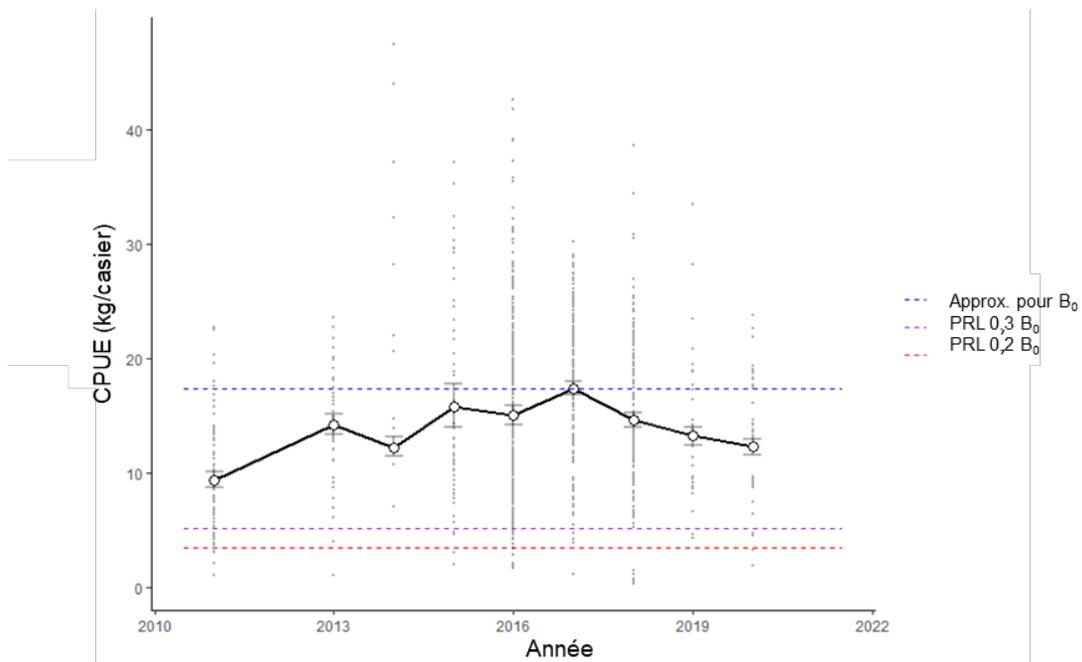


Figure 32. Captures annuelles moyennes par unité d'effort (CPUE : kg/casier, cercles vides) pour la pêche hauturière du buccin dans la zone de pêche 1 de la sous-division 4Vs. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne annuelle des CPUE. Les cercles gris pleins représentent les CPUE annuelles distinctes par calée. La ligne bleue est l'approximation de B_0 basée sur la valeur moyenne de 2017 de la série chronologique, la ligne rouge représente 20 % de l'approximation de B_0 et la ligne violette, 30 % de l'approximation de B_0 .

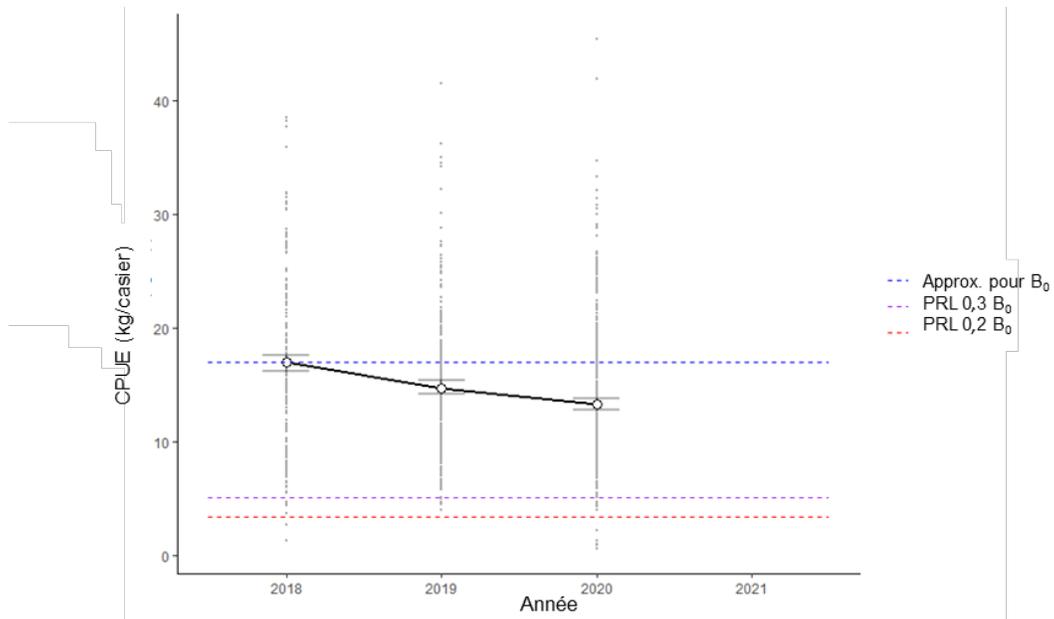


Figure 33. Captures moyennes par unité d'effort (CPUE : kg/casier, cercles vides) pour la pêche hauturière du buccin dans la zone de pêche 2 de la sous-division 4Vs. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne annuelle des CPUE. Les cercles gris pleins représentent les CPUE annuelles distinctes par calée. La ligne bleue est l'approximation de B_0 basée sur la valeur moyenne maximale de la série chronologique, la ligne rouge représente 20 % de l'approximation de B_0 et la ligne violette, 30 % de l'approximation de B_0 .

Modèles de production excédentaire

Les modèles de production excédentaire ou de dynamique de la biomasse saisissent les effets combinés du recrutement, de la croissance et de la mortalité naturelle dans un seul paramètre r , le taux intrinsèque de croissance de la population. Dans ces modèles, la mortalité par pêche (F) est le rapport entre les prises et la biomasse exploitable et repose sur la théorie selon laquelle la production excédentaire prévue dépend de la taille de la population. Les modèles de production exigent au moins une série chronologique de CPUE et de captures totales. Ces modèles peuvent être critiqués parce qu'ils sont trop simples puisqu'ils ne tiennent pas compte de la structure des tailles, de la variation du recrutement ou des changements dans la sélectivité (MPO 2015); toutefois, ils peuvent être la meilleure approche disponible lorsque les données sont limitées. À l'aide de ces modèles, il est possible d'estimer les points de référence du rendement maximal durable (RMD).

Modèle SPiCT

Le modèle *SPiCT* (*Surplus Production Model in Continuous Time*) est basé sur un modèle de la dynamique de la biomasse qui estime, à l'interne, F et la biomasse (B) au RMD dans le cadre de l'ajustement du modèle (ICES 2018). Un modèle *SPiCT* a été ajusté pour la division 4W et la sous-division 4Vs à l'aide du progiciel « *spict* » (Pederson et Berg 2021) du logiciel R (*R Core Team* 2022). Le modèle a été exécuté pour les divisions 4Vs et 4W en utilisant des entrées pour les prises, l'effort et les CPUE combinés pour l'ensemble des zones puisque le TAC n'est pas fondé sur des zones de pêche particulières. Pour la division 4W, les données ont été utilisées de 2013 à 2020 afin que le modèle converge. Pour la sous-division 4Vs, les données de 2016 à 2020 ont été utilisées en fonction de l'uniformité de l'effort au cours de cette période. Les analyses de sensibilité ont été exécutées dans le modèle à l'aide de la fonction *check.ini.function* pour confirmer que le modèle convergerait avec des valeurs initiales différentes. Pour la sous-division 4Vs, 8 analyses de sensibilité sur 10 ont convergé avec les données d'entrée et pour la division 4W, 5 analyses de sensibilité sur 10. Les données de sortie du modèle pour la division 4W laissent croire à une forte variabilité et montrent que la population de buccins se trouve dans un état d'épuisement avant le début de la pêche (figure A3); il est donc peu probable que cette méthode tienne compte de la population réelle. Les données de sortie du modèle de la sous-division 4Vs indiquent que la biomasse est en déclin et que la mortalité par pêche en 2020 était supérieure à F_{RMD} (figure A4).

Même si les modèles *SPiCT* ont convergé, les modèles de production comme *SPiCT* fonctionnent généralement mieux lorsque les données présentent beaucoup de contraste (d'effort, de biomasse, de taux de capture) et avec une série chronologique plus longue (ICES 2018), caractéristiques qui sont absentes pour la pêche exploratoire du buccin dans les deux zones. Les modèles de production excédentaire de *SPiCT* utilisent des indices de la biomasse pour estimer la capacité de charge (K), et l'estimation de K aide à mettre à l'échelle les tendances de F et de la biomasse. Le paramètre K ne peut pas être bien estimé lorsque la série chronologique de l'indice ne remonte pas au début de la pêche (Punt et Szuwalski 2012) ou ne dispose pas suffisamment de biomasses contrastées au cours de la série chronologique (Ono *et al.* 2012). Pour la sous-division 4Vs et la division 4W, les données de la saison de pêche de 2021 ont été ajoutées pour tester la sensibilité des sorties du modèle à l'ajout d'une année de données. Avec cet ajout, le modèle n'a pas convergé pour la sous-division 4Vs, ce qui confirme que les données ne respectent pas les hypothèses du modèle et que les résultats ne sont pas une représentation fidèle de la dynamique du stock de buccins. Les diagnostics du modèle ont été évalués et les hypothèses du modèle ont été respectées et sont incluses à l'annexe (figure A5, figure A6, tableau A1); toutefois, d'autres critères décrits dans Mildenberger *et al.* (2021) indiquent qu'il existait des tendances rétrospectives pour les deux zones de pêche (voir

la figure A7) et que l'ampleur du principal paramètre de variance était déraisonnablement élevée (> 1) pour la division 4W.

CRMD

La méthode des captures au RMD (CRMD) est fondée sur un modèle modifié de production excédentaire de Shaefer (Froese *et al.* 2017). Les CRMD permettent d'estimer la biomasse, le taux d'exploitation et les points de référence des pêches liés au RMD à partir des données sur les captures et une estimation de la résilience de l'espèce. Les fourchettes probables pour le taux de croissance intrinsèque maximal (r) et K sont filtrées au moyen d'une méthode de Monte Carlo pour détecter les paires r - K « viables » (Froese *et al.* 2017). Une fois les paires viables trouvées, une série chronologique de la biomasse et de la mortalité par pêche peut être estimée, ainsi que des points de référence basés sur le RMD (Andrašūnas *et al.* 2022). Les entrées du modèle utilisent des données d'entrée de capture semblables à celles du modèle SPiCT; cependant, les CRMD nécessitent une estimation de la résilience présumée du stock, qui peut être fondée sur une plage de valeurs pour r ou une catégorie plus générale (faible à élevée).

Le modèle a été exécuté pour la sous-division 4Vs et la division 4W à l'aide des données sur les prises de 2013 à 2020. Un $r = 0,57$ pour le buccin a été obtenu à partir de [la base de données de Sealife](#), qui se trouve dans la catégorie de résilience « moyenne » selon les critères fournis dans Froese *et al.* (2017). Le résultat du modèle utilisant la résilience « moyenne » se trouve en annexe pour la division 4W et la sous-division 4Vs (figures A8 à A11). Les modèles indiquent que l'état des stocks pour les deux zones serait sain si B/B_{RMD} était supérieur à 1 et en supposant un PRS de 80 % de B_{RMD} (Froese *et al.* 2017); cependant, dans la division 4W, la valeur F/F_{RMD} est supérieure à 1 depuis 2018, ce qui indique qu'il pourrait y avoir une surexploitation.

Des critiques concernant l'utilisation à mauvais escient des méthodes de CRMD ont récemment été mises en évidence dans la littérature (p. ex. Ovando *et al.* 2021, 2022). Le principal problème de la méthode est l'établissement de valeurs *a priori* pour r et K , qui sont très sensibles dans le modèle des CRMD. Le rendement du modèle fondé uniquement sur les prises dépend de l'exactitude des valeurs *a priori*, et ces hypothèses influent en définitive sur l'état estimé des stocks dans le modèle. Si ces valeurs sont incertaines, il est alors peu probable que le modèle représente réellement l'état des stocks et il faut l'interpréter avec prudence (Ovando *et al.* 2021). Compte tenu de la résilience inconnue du buccin dans la région des Maritimes, cette méthode ne serait pas un indicateur fiable de l'état des stocks, à moins qu'elle ne soit utilisée conjointement avec d'autres méthodes. De plus, pour les stocks dont l'exploitation a été minimale (p. ex. pêche exploratoire), la relation entre les prises et la biomasse est moins informative quant à la productivité du stock, et les estimations de r sont probablement moins fiables (Froese *et al.* 2017).

Indicateurs basés sur la longueur

Dans le cas des stocks pour lesquels les données sont limitées, la collecte de données sur la fréquence des tailles des prises peut être un moyen de surveillance des stocks facile et relativement peu coûteux. Les méthodes basées sur la longueur comprennent des indicateurs de l'état des stocks qui ne permettent généralement que l'estimation des points de référence fondés sur F (Pons *et al.* 2020). Toutefois, certaines méthodes fondées sur la longueur fournissent des données fondées sur la biomasse (p. ex. Froese *et al.* 2018) ou d'autres indicateurs de l'état des stocks (p. ex. ratio de potentiel de reproduction, Hordyk *et al.* 2015b).

L'industrie du buccin recueille actuellement des données sur la fréquence de longueur à partir d'un sous-échantillon des prises dans les deux divisions de l'OPANO. La méthode actuelle de

collecte par l'industrie comprend les prises rejetées et n'est pas représentative des prises retenues requises pour l'utilisation de méthodes fondées sur la longueur. Par conséquent, de nouveaux protocoles d'échantillonnage seraient nécessaires pour contrôler les fréquences de longueur des captures débarquées afin que cette méthode puisse être appliquée à l'avenir. Deux méthodes fondées sur la longueur ont été explorées pour le buccin en fonction des directives du CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer) pour les stocks pour lesquels les données sont limitées (CIEM 2018) à l'aide des données existantes sur les fréquences de longueur recueillies par l'industrie. Bien que les résultats de ces méthodes puissent ne pas être exacts avec les données d'entrée actuelles (inclusion des prises rejetées sous la TRM), les méthodes peuvent être considérées comme des indicateurs secondaires pour la surveillance future. On a déterminé que les données récentes (2018 et plus récentes) étaient plus complètes (p. ex. aucune année manquante dans l'échantillonnage, échantillonnage semblable effectué, niveaux semblables d'effort de pêche) et elles ont été utilisées pour démontrer le fonctionnement de la méthode, par la compréhension voulant que les fréquences de longueur comprennent les rejets d'individus se trouvant sous la TRM.

Approche basée sur la longueur du CIEM

L'approche par feux de signalisation utilisée par le CIEM pour les indicateurs basés sur la longueur consiste en un système de feux rouges et verts permettant de catégoriser plusieurs indicateurs par rapport à l'état souhaité des stocks. Cette approche nécessite la longueur à maturité (L_{mat}), la longueur asymptotique (L_{inf}) et la capture selon la longueur par année. Les indicateurs basés sur la longueur peuvent être calculés par sexe et par année à partir de distributions de fréquence des longueurs qui peuvent ensuite être comparées à des points de référence appropriés liés à des considérations de conservation, de rendement optimal et de RMD (CIEM 2018). Le sexe n'a pas toujours été consigné lors de l'échantillonnage détaillé effectué par industrie, de sorte que l'analyse a été réalisée pour les deux sexes combinés.

Les entrées de fréquence de longueur ont été séparées pour la zone 1 et la zone 2 de la sous-division 4Vs et pour l'ensemble de la division 4W pour 2018 à 2020. Les indicateurs liés à ces points de référence sont résumés en fonction du système par feux de signalisation du tableau 6. Selon la collecte de données actuelle, les points de référence pour la conservation du buccin de grande taille, le rendement optimal et le RMD se situent dans la plage de valeurs appropriée (vert). Pendant certaines années, dans la division 4W et la sous-division 4Vs, les points de référence servant à mesurer la conservation des petits individus étaient inférieurs aux valeurs prévues (en rouge), ce qui correspond au fait que les échantillons provenaient de prises non triées avant que les individus de petite taille ne soient rejetés en mer (tableau 6). En 2018, pour la zone 2 de la sous-division 4Vs, la conservation du buccin de grande taille était également inférieure aux valeurs prévues (tableau 6).

Tableau 6. Tableau récapitulatif avec indication de l'état par rapport aux points de référence pour la méthode basée sur la longueur du CIEM. Une zone ombrée en rouge indique que la condition est inférieure à la valeur prévue et une zone en vert indique que les conditions sont respectées. Les données entrées pour les fréquences de longueur comprennent les prises qui sont rejetées en mer afin de respecter les exigences relatives à la taille réglementaire minimale; par conséquent, les résultats sont fournis aux seules fins de démonstration de l'approche.

Indicateur	Conservation (immatures)	Conservation (immatures)	Conservation (grand)	Conservation (grand)	Rendement optimal	RMD
	L_c	$L_{25\%}$	$L_{max5\%}$	P_{mega}	L_{mean}	L_{mean}
Point de référence	L_{mat}	L_{mat}	L_{inf}	0,3	L_{opt}	$L_{F=M}$
Valeur attendue du ratio de l'indicateur par rapport au point de référence	> 1	> 1	> 0,8	$P_{mega} > 0,3$	Environ 1	> 1
4W						
2018	0,73	0,92	1,09	0,71	1,27	1,25
2019	1,06	1,10	1,09	0,93	1,38	1,08
2020	0,51	1,10	1,08	0,90	1,31	1,62
4Vs, zone 1						
2018	0,94	1,08	1,07	0,94	1,31	1,10
2019	1,12	1,17	1,09	0,95	1,44	1,07
2020	1,03	1,08	1,07	0,92	1,35	1,07
4Vs, zone 2						
2018	0,75	0,88	0,85	0,19	1,01	1,10
2019	1,18	1,23	1,01	0,83	1,31	1,07
2020	0,66	1,05	0,94	0,37	1,09	1,29

L_c = longueur à 50 % de l'abondance modale; L_{mat} = longueur à maturité; $L_{25\%}$ = 25^e centile pour la longueur; $L_{max5\%}$ = longueur moyenne du 5 % le plus grand; P_{mega} = proportion d'individus au-dessus de $L_{opt} + 10\%$ où $L_{opt} = 2/3$ de L_{inf} ; L_{mean} = longueur moyenne des individus $> L_c$; $L_{F=M} = (0.75L_c + 0.25L_{inf})$; RMD = rendement maximal durable.

Méthode du ratio du potentiel de reproduction fondé sur la longueur

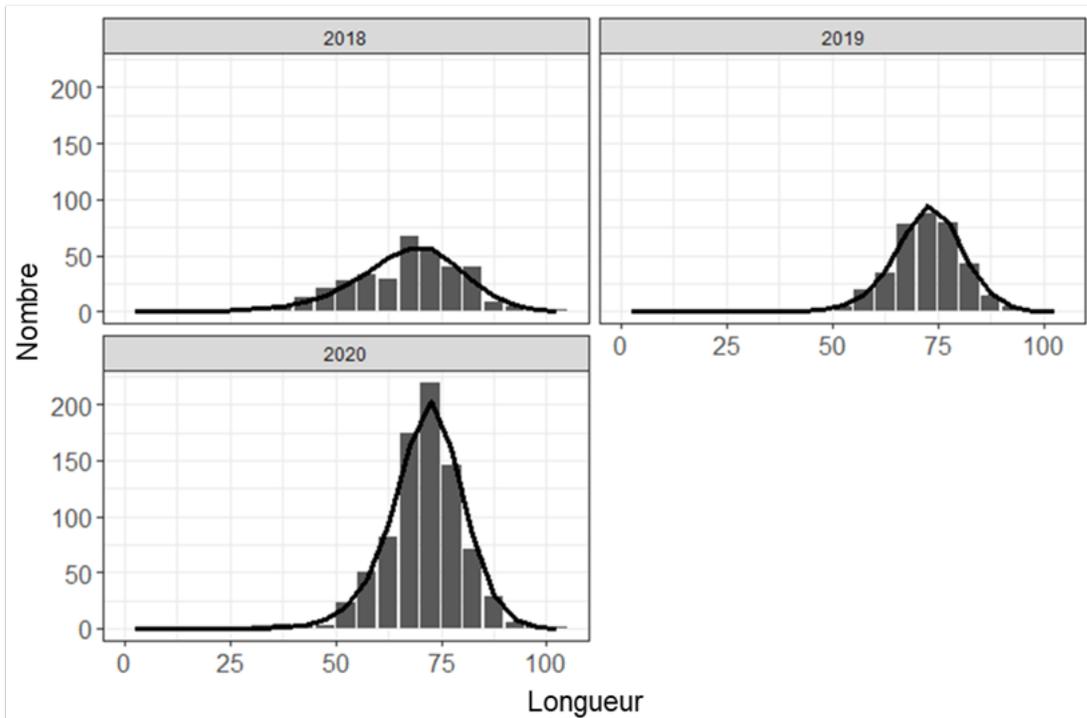
Le ratio de potentiel de fraie (RPF) d'un stock est défini comme la proportion du potentiel reproductif non exploité laissée à un niveau donné de la pression de pêche (Goodyear 1993, Walters et Martell 2004) et il est couramment utilisé pour établir les points de référence cibles et limites pour les pêches. La quantité de frai produite par une cohorte avec pêche sera toujours inférieure à la même cohorte sans pêche. Donc, le RPF est un ratio entre 0 et 1 et est habituellement exprimé en pourcentage. Un taux de mortalité due à la pêche qui entraîne un RPF de 30 à 40 % est un pourcentage couramment utilisé dans la littérature (Babcock *et al.* 2018, ministère des Pêches 2011, Gabriel et Mace 1999) comme approximation de F_{RMD} ; cependant, le pourcentage peut varier en fonction de la productivité du stock, ce qui entraîne à la fois une sous-exploitation et une surexploitation pour certains stocks (Zhou *et al.* 2019). En général, les espèces à croissance rapide et à courte durée de vie ont besoin d'un RPF supérieur à 40 % pour garantir la durabilité du stock (Zhou *et al.* 2019).

Les ratios de potentiel de fraie (RPF) basés sur la longueur permettent au stock de maintenir un pourcentage de son potentiel de reproduction maximal et peuvent être utilisés comme point de référence pour la surpêche des recrues. Le RPF basé sur la longueur exige des renseignements sur la fréquence de longueur des prises, les paramètres de croissance et la longueur à maturité. La méthode du RPF basé sur la longueur utilise des estimations du ratio de M sur le paramètre k de l'équation de croissance de von Bertalanffy (M/k) pour estimer le RPF à partir des données sur la composition selon la taille d'un stock exploité. En utilisant le ratio du cycle biologique M/k , le modèle du RPF basé sur la longueur évite de se fier à M , ce qui, surtout pour les stocks exploités, est difficile à estimer et on croit que le ratio varie moins d'une espèce à l'autre (Kenchington 2014, Prince *et al.* 2015). Les ratios M/k ont été calculés en utilisant la moyenne des estimations de M (tableau 5) et la sortie du modèle de croissance (tableau 3). À

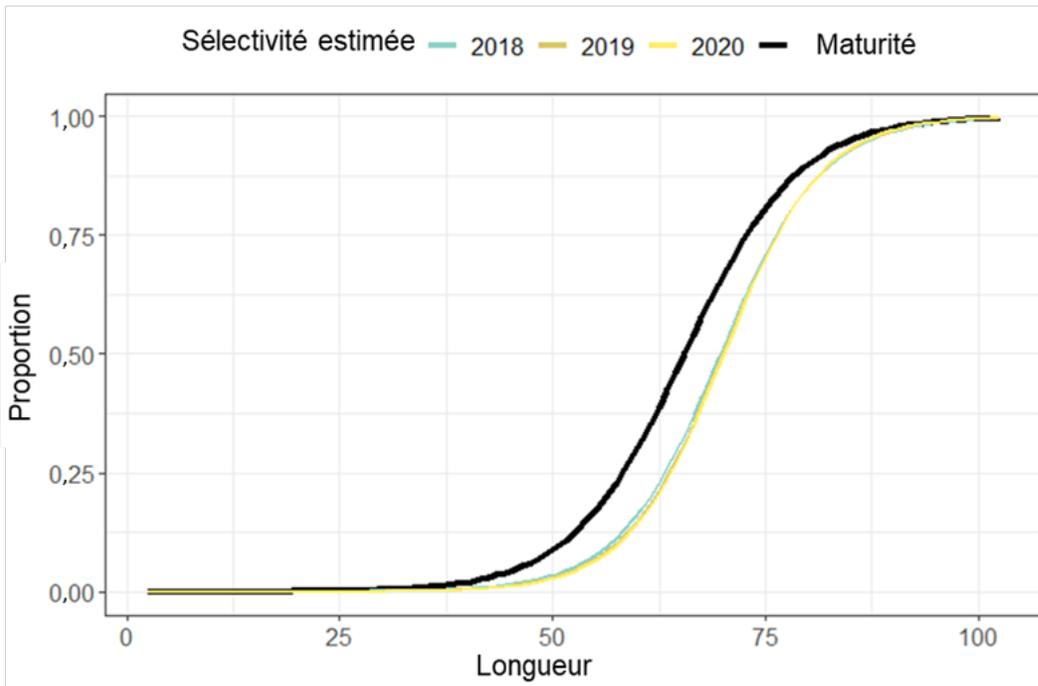
l'aide des données d'entrée du modèle et des données sur la composition selon la longueur, le modèle du RPF basé sur la longueur utilise des méthodes du maximum de vraisemblance pour estimer la courbe cumulative de la sélectivité (en supposant une sélection logistique), qui est définie par les paramètres de la sélectivité selon la longueur (SL_{50} et SL_{95}) et par F/M (taux de mortalité par pêche/mortalité naturelle, Pons *et al.* 2020). La courbe cumulative de la sélectivité et la mortalité par pêche relative sont ensuite utilisées pour calculer le RPR (Horczyk *et al.* 2015a, 2015b, 2016). Le paramètre F/M est une approximation pour F/F_{RMD} où l'on suppose qu'une mortalité par pêche au RMD est égale à M si le recrutement est constant (Francis 1974). Le RPF estimé peut être utilisé avec une cible et limiter le RPF pour estimer l'état des stocks.

Le modèle du RPF basé sur la longueur a été exploré comme approche possible à l'aide de l'ensemble de données de fréquence de longueur existant des prises non triées. Cette approche est démontrée ici à l'aide des données de la division 4W, mais, comme l'approche basée sur la longueur du CIEM, les résultats comprennent les prises rejetées et exigent la collecte de nouvelles données sur la fréquence de longueur des prises retenues afin que les résultats soient interprétés. D'après l'ensemble de données actuel, l'ajustement du modèle du RPF basé sur la longueur était comparable aux entrées empiriques sur la fréquence de longueur pour la division 4W (figure 34a) et le modèle a estimé la sélectivité selon la longueur pour toutes les années, ce qui indique que les longueurs des prises de la pêche sont supérieures aux longueurs des données d'entrée de la courbe cumulative de la sélectivité sur la maturité (figure 34b). Les paramètres estimés par le modèle varient au cours des années et d'une année à l'autre (figure 35), mais une fonction de lissage de Rauch-Tung-Striebel (lissage par défaut dans le progiciel LBRPF [RPF basé sur la longueur] du logiciel R; Horczyk 2021) a été appliquée pour réduire la variation interannuelle. Pour la démonstration de l'approche du RPF basé sur la longueur à l'aide des données existantes de la division 4W, SL_{50} a été estimé à environ 70 mm, avait un ratio F/M inférieur à 1 et un RPF variant de 0,76 à 0,78 (figure 35, tableau 7).

D'après une comparaison d'une variété de méthodes à données limitées, la méthode du RPF basé sur la longueur a donné les meilleurs résultats pour les espèces à durée de vie moyenne et a eu tendance à sous-estimer les taux de récolte dans d'autres scénarios (Pons *et al.* 2020). Étant donné que la méthode du RPF basé sur la longueur repose sur la détection de signaux de mortalité par pêche fondés sur des individus de plus grande taille dans les données sur la composition des prises, la pêche peut ne pas avoir d'effet visible sur la composition selon la longueur jusqu'à ce que la mortalité par pêche soit très élevée et que les stocks soient fortement épuisés (Pons *et al.* 2020). Par conséquent, une méthode fondée sur la longueur devrait être utilisée conjointement avec une autre méthode (p. ex. fondée sur les prises) pour être prudente.



a



b

Figure 34. Distribution des fréquences des longueurs (mm) des prises pour la division 4W (a) de 2018 à 2020 et courbe cumulative de la sélectivité et de la maturité pour le modèle de ratio de potentiel de fraie basé sur la longueur (b). La ligne noire pleine montre l'ajustement modélisé des données, les barres sont les données brutes. La figure b représente des données d'entrée propres à la maturité (en noir) et la sélectivité estimée à partir du modèle du RPF basé sur la longueur (chaque couleur représente une année différente). Les données d'entrée pour les fréquences de longueur comprennent les prises qui sont rejetées en mer afin de respecter les exigences relatives à la taille réglementaire minimale; par conséquent, les résultats sont fournis aux seules fins de démonstration de l'approche.

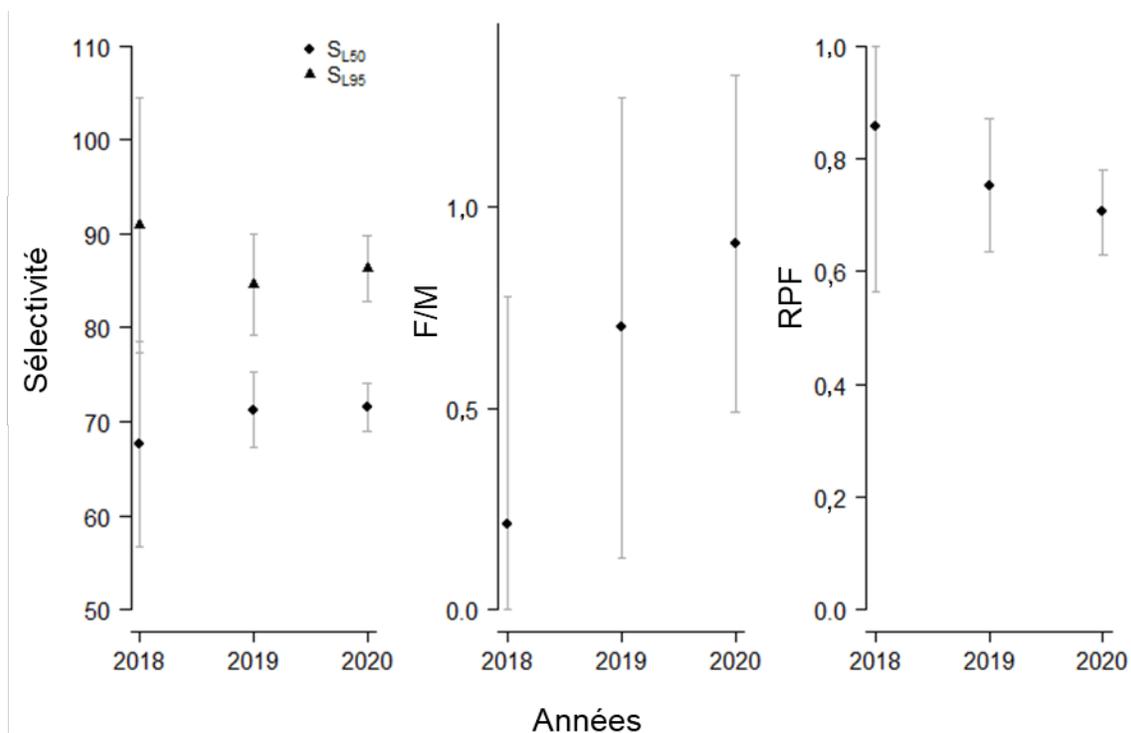


Figure 35. Estimations modélisées du ratio de sélectivité, de pêche et de mortalité naturelle (F/M) et du ratio de potentiel de fraie (RPF) à partir du modèle du RPF basé sur la longueur pour la division 4W. La moyenne est indiquée par des cercles noirs avec des intervalles de confiance à 95 %. SL_{50} et SL_{95} sont les 50 % et 95 % de sélectivité selon la longueur de la pêche. Les données d'entrée pour les fréquences de longueur comprennent les prises qui sont rejetées en mer afin de respecter les exigences relatives à la taille réglementaire minimale; par conséquent, les résultats sont fournis aux seules fins de démonstration de l'approche.

Tableau 7. Résumé des paramètres modélisés avec la fonction de lissage de Rauch-Tung-Striebel appliquée à l'aide du progiciel LBRPF [RPF basé sur la longueur]. SL_{50} est la longueur à 50 % de la sélectivité de la pêche; SL_{95} est la longueur à 95 % de la sélectivité de la pêche; F/M est le ratio de la pêche et de la mortalité naturelle et RPF est le ratio de potentiel de reproduction estimé. Les données d'entrée pour les fréquences de longueur comprennent les prises qui sont rejetées en mer afin de respecter les exigences relatives à la taille réglementaire minimale; par conséquent, les résultats sont fournis aux seules fins de démonstration de l'approche.

Zone	Année	SL ₅₀	SL ₉₅	F/M	RPR
4W	2018	69,7	87,2	0,57	0,78
4W	2019	70,0	86,9	0,61	0,77
4W	2020	70,1	86,8	0,64	0,76

SOMMAIRE DES INDICATEURS DE L'ÉTAT DES STOCKS POSSIBLES

Plusieurs méthodes d'estimation de l'état des stocks pour une pêche commerciale du buccin ont été explorées à l'aide de données dépendantes de la pêche tirées de journaux de bord et d'échantillons détaillés de l'industrie. Les méthodes fondées sur les prises comprenaient l'utilisation de CPUE et deux méthodes fondées sur des modèles de production excédentaire. Le modèle des CPUE et le modèle des CRMD ont produit des résultats plausibles fondés sur notre connaissance de la pêche; cependant, dans le cas du modèle des CRMD, seules les données sur les prises sont utilisées et des valeurs *a priori* présumées dans le modèle peuvent influencer ses résultats. Pour ce qui est de l'indicateur fondé sur les CPUE, on suppose que les

CPUE sont proportionnelles à la biomasse et il existe un biais potentiel lié à l'« hyperstabilité », où les CPUE restent stables alors que l'abondance diminue, ce qui entraîne une surestimation de la biomasse et une sous-estimation de la mortalité par pêche (Quinn et Deriso 1999, Harley *et al.* 2001). Cela se produit habituellement lorsqu'une pêche s'étend à de nouvelles zones de pêche ou de nouvelles profondeurs (Morato *et al.* 2006, Kleisner *et al.* 2013) et ces nouvelles prises masquent le déclin global de la population. Sur cette base, la gestion spatiale par zone de pêche peut se révéler essentielle pour une activité de pêche commerciale afin de limiter les répercussions de l'hyperstabilité. Pour le modèle SPiCT, 50 % des analyses de sensibilité pour la division 4W n'ont entraîné aucune convergence du modèle et le résultat du modèle était très variable et non informatif. Pour la sous-division 4Vs, les analyses de sensibilité et les sorties du modèle étaient plus prometteuses; toutefois, selon les prévisions du modèle, la biomasse de buccin serait dans un état d'épuisement compte tenu du TAC actuel et des pressions de la pêche d'ici 2021. Une année supplémentaire de données a été ajoutée pour évaluer les prévisions du modèle pour 2021 et, selon les nouvelles données, le modèle n'a pas convergé, ce qui laisse entendre qu'il faudrait des données plus contrastées ou une période prolongée avant que cette méthode puisse être utilisée pour surveiller une pêche du buccin (tableau 8).

Il faudrait élaborer de nouveaux protocoles d'échantillonnage pour utiliser des indicateurs basés sur la longueur pour la surveillance future. Il sera nécessaire de prélever un échantillon aléatoire des prises débarquées lors de la collecte plutôt que l'approche actuelle qui comprend les prises rejetées inférieures à la TMD. L'approche fondée sur la longueur pourrait être utile comme indicateur secondaire pour la surveillance de la pêche. Les méthodes fondées sur la longueur (indicateurs fondés sur la longueur du CIEM et RPF) ont fourni de l'information sur la conservation du buccin, en évaluant la fréquence de longueur des prises. La méthode basée sur la longueur du CIEM peut éclairer divers objectifs comportant des points de référence liés à la rétention des individus immatures et de grandes tailles dans les prises, le rendement et la F_{RMD} qui peuvent être utilisés dans une approche par feux de signalisation et intégrés pour fournir un indicateur global de l'état des stocks. Pour ce qui est de la méthode du RPF basé sur la longueur, le modèle estime une approximation pour F_{RMD} et un pourcentage du RPF. Ces approches ne tiennent compte d'aucun renseignement sur les prises et l'effort et fournissent de l'information uniquement en fonction de la fréquence de longueur des prises et des paramètres d'entrée sur la croissance et la maturité. Il serait donc important de l'utiliser avec une méthode fondée sur les prises (tableau 8). Des renseignements détaillés sur les modèles envisagés et leurs hypothèses se trouvent au tableau A1.

Tableau 8. Un résumé des multiples approches explorées pour surveiller une pêche hauturière du buccin dans la sous-division 4Vs et la division 4W. Une \checkmark indique un résultat positif et le X indique un résultat négatif.

Méthode	Points de référence possibles	Hypothèses respectées	Résultats plausibles	Considération pour la surveillance	Commentaires
Indicateurs des CPUE	% de l'approximation de B_0	\checkmark	\checkmark	\checkmark	Maximum de la moyenne ou de la médiane dans la série chronologique
Modèle SPiCT	% de B_{RMD} et F_{RMD}	\checkmark	X	X	Une grande variabilité de la sortie et des résultats indiquent un état d'épuisement avant la pêche. On pourrait envisager une série chronologique plus longue où les données seraient plus contrastées.
CRMD	% de B_{RMD} et F_{RMD}	\checkmark	\checkmark	X	En raison de l'incertitude des <i>a priori</i> , cette méthode n'est pas fiable.

Méthode	Points de référence possibles	Hypothèses respectées	Résultats plausibles	Considération pour la surveillance	Commentaires
Basée sur la longueur du CIEM	Conservation, rendement optimal et RMD	√	√	√	Ne tient pas compte de l'information sur les prises ou l'effort et pourrait être utilisé comme indicateur secondaire avec une option fondée sur les prises. Cela nécessiterait un nouvel échantillonnage de la fréquence de longueur des prises retenues.
RPF basé sur la longueur (LBRPF)	% de RPF et ratio de F/M	√	√	√	Courte série chronologique pour un effort de pêche constant et variabilité élevée au cours des années et d'une année à l'autre. Le modèle comporte des hypothèses internes sur une relation stock-recrutement qui est inconnue. Cela nécessiterait un nouvel échantillonnage de la fréquence de longueur des prises retenues.

B_{RMD} = biomasse au rendement maximal durable (RMD), $FRMD$ = mortalité par pêche au rendement maximal durable, CPUE = captures par unité d'effort, SPiCT = production excédentaire en temps continu, CRMD = méthode de Monte Carlo des captures au rendement maximal durable pour estimer r , k , RMD, biomasse et exploitation, CIEM = Conseil international pour l'exploration de la mer, RPF = ratio de potentiel de fraie, M = mortalité naturelle.

CONSIDÉRATIONS ÉCOSYSTÉMIQUES

Les invertébrés jouent un rôle vital dans la structure trophique et le fonctionnement d'un écosystème marin. La récolte d'espèces de niveau trophique inférieur peut avoir une incidence directe sur l'organisme cible et sur la productivité d'autres espèces de niveau trophique supérieur (Anderson *et al.* 2011, Eddy *et al.* 2015). En général, les espèces dont l'abondance et la connectivité sont plus élevées, ou qui jouent un rôle principal, auront plus d'incidences sur l'écosystème que les autres espèces lorsqu'elles seront récoltées (Eddy *et al.* 2015), ce qui laisse entendre que le prélèvement du buccin pourrait avoir des répercussions minimales. La surexploitation d'un plus grand nombre d'espèces sessiles comme le buccin pourrait permettre un changement dans la structure de la communauté et rendre un écosystème potentiellement plus vulnérable à la colonisation par les espèces indigènes et envahissantes. On s'attend à ce que les changements d'aires de répartition causés par le climat soient fréquents dans les écosystèmes marins où l'expansion des aires de répartition (p. ex. latitudinales, profondeur) des espèces peut également entraîner des changements dans la structure des communautés (Chen *et al.* 2011, Wallingford et Sorte 2022).

Le réchauffement des températures a été ciblé comme une préoccupation pour les communautés d'invertébrés, en particulier pour les organismes comme le buccin, qui ont une mobilité limitée et dépendent du carbonate de calcium pour la composition de leurs coquilles (Borsetti *et al.* 2021). Pour certaines populations des États-Unis et de la mer d'Irlande, les augmentations saisonnières des températures de l'eau ont eu des effets positifs sur la croissance des jeunes buccins, tout en ayant des effets négatifs sur la croissance des individus plus âgés (Borsetti *et al.* 2021, Emmerson *et al.* 2020). Bien que les fluctuations annuelles de la température puissent être bénéfiques pour le buccin à court terme, les changements à long terme peuvent avoir une incidence sur la fraie (Borsetti *et al.* 2020). À mesure que les températures annuelles augmentent lors de la fraie, le nombre d'œufs par capsule augmente aussi habituellement (Thatje *et al.* 2019). La variabilité individuelle de la réponse à la température est également susceptible de jouer un rôle important dans le recrutement, bien que

d'autres études soient nécessaires pour étudier le niveau de variabilité des populations de buccins (Thatje *et al.* 2019).

La surveillance annuelle de la température est effectuée sur le plateau néo-écossais dans le cadre du Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA). Les données sur la température au fond ont été obtenues à l'aide de tableaux annuels à grande échelle dérivés de la trousse [de données azmpdata du logiciel R](#) [R Core Team] (2022), qui sont fondés sur les renseignements recueillis en juillet. Comme il n'y a pas de stations de surveillance détaillées sur le Banquereau et le banc du Milieu, des données générales ont été utilisées pour étudier les différences de température. Bien que des fluctuations annuelles se produisent régulièrement dans les températures du plancher de l'océan, en général, les températures étaient plus élevées dans la série chronologique de la division 4W comparativement à celle de la sous-division 4Vs (figure 36). Ces températures plus élevées coïncident avec une croissance plus rapide et une taille globale plus grande du buccin observé dans la division 4W que dans la sous-division 4Vs. Les deux zones présentent la plage de température optimale (de 2 à 10 °C) pour une reproduction réussie et le développement des œufs.

En plus du prélèvement de l'espèce d'une pêche, il peut aussi y avoir des répercussions indirectes de la pêche, y compris l'enchevêtrement, les engins fantômes et la destruction de l'habitat. La migration d'espèces vulnérables peut entraîner un risque d'enchevêtrement pour la pêche au casier. Le MPO a récemment mis en œuvre des marquages par cordage de couleur propres aux pêches pour surveiller les enchevêtrements de baleines noires (*Eubalaena glacialis*) en voie de disparition dans l'est du Canada (MPO 2020b). Sur la côte est des États-Unis, l'un des 30 empêtements de rorquals à bosse impliquait des casiers à coques ou à buccins (Johnson *et al.* 2005). Une étude a révélé que 8 des 91 interactions documentées entre les engins de pêche et la tortue luth (*Dermochelys coriacea*) au Canada atlantique impliquaient des engins de pêche au buccin (Hamelin *et al.* 2017). Les effets des engins fantômes provenant de la pêche au casier ne sont pas bien documentés; cependant, les casiers à buccin sont munis de panneaux biodégradables pour empêcher la pêche fantôme (Wilcox 2023).

Peu de renseignements sont disponibles sur les dommages matériels à l'habitat causés par les casiers au Canada, bien qu'on suppose qu'ils sont inférieurs à ceux causés par les engins de pêche mobiles. Comme les casiers à buccin sont souvent déployés en filières semblables aux casiers à homard d'Amérique (*Homarus americanus*) et récupérés de la même façon, le taux de contact des casiers à buccin pourrait augmenter lorsque les casiers sont levés, ce qui pourrait causer des dommages aux coraux, aux bryozoaires et à d'autres épifaunes s'ils sont présents (Schweitzer *et al.* 2018).

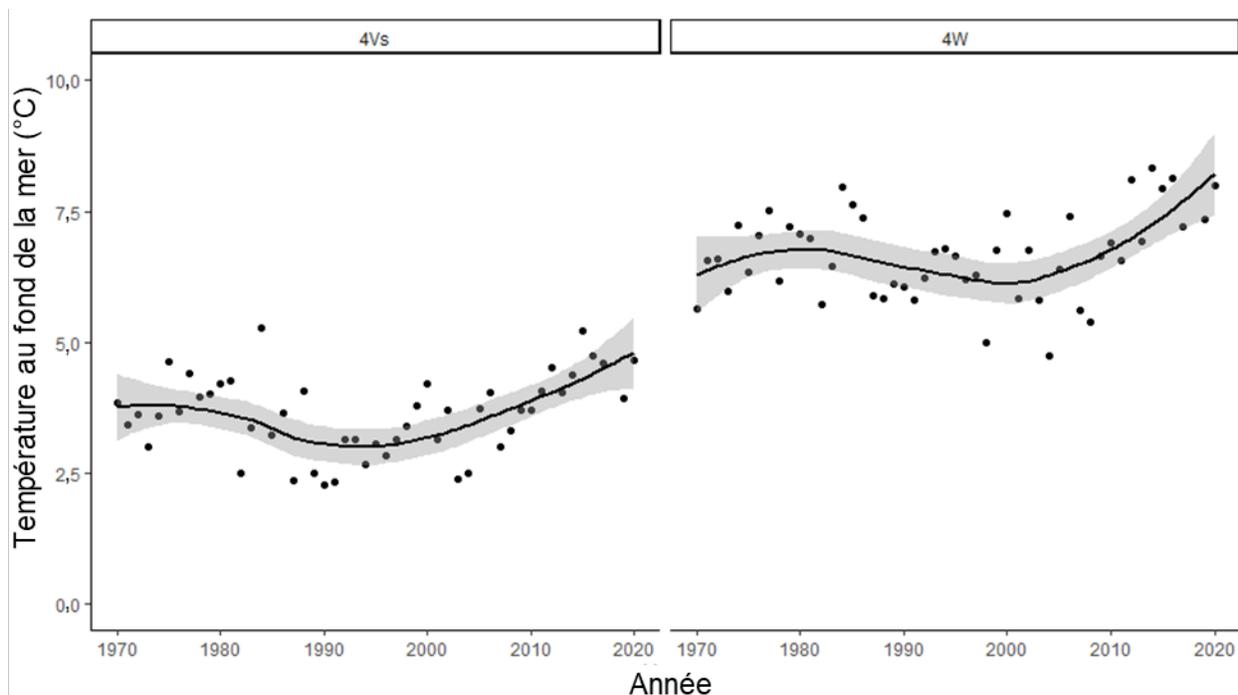


Figure 36. Températures annuelles du plancher de l’océan recueillies en juillet à partir des données du Programme de monitoring de la zone Atlantique pour les divisions 4Vs et 4W générales. Un lissage de Loess (ligne noire avec ombrage gris pour les intervalles de confiance à 95 %) a été appliqué aux valeurs annuelles pour examiner une tendance globale.

RECOMMANDATIONS DE PÊCHE

ZONES DE PÊCHE

Pour la sous-division 4Vs, des différences ont été observées pour les trois principales zones de pêche en ce qui concerne la maturité, la croissance et les indicateurs de l’état des stocks, ce qui donne à penser qu’une zone de pêche pour l’ensemble de la sous-division 4Vs de l’OPANO serait inappropriée. L’ensemble de données de la zone 1 constitue la série chronologique la plus longue, la pêche n’ayant eu lieu que depuis 2018 pour la zone 2, et au cours des deux dernières années pour la zone 3. Pour la division 4W, l’échantillonnage détaillé ne comprend pas de renseignements spatiaux et n’a pas pu être exploré davantage; cependant, les différences de taux de capture entre le banc du Milieu et le banc de l’Île de Sable ont mené à l’élaboration de PRL pour le banc du Milieu uniquement (figure 30).

Dans la sous-division 4Vs, trois zones de pêche principales présentant des densités exploitables de buccins ont été définies sur plusieurs années, avec des taux de capture cohérents d’une zone à l’autre. Pour la division 4W, une seule zone principale sur le banc du Milieu a été trouvée comme présentant de grandes concentrations de buccins, tandis que l’exploration en dehors de cette zone n’a rapporté aucun buccin ou de faibles quantités. Les taux de capture pour la division 4W sont beaucoup plus faibles que pour la sous-division 4Vs, même si l’effort reste semblable. Les buccins de la division 4W arrivent à maturité à une taille plus grande que ceux de la sous-division 4Vs, mais ils affichent un taux de croissance comparable. D’après les données sur la fréquence de longueur, la taille moyenne des buccins capturés dans la division 4W est supérieure à celle des buccins de la sous-division 4Vs, et la mortalité naturelle estimée d’après les paramètres du cycle biologique est légèrement supérieure. Les captures actuelles dans la division 4W ne laissent pas supposer que le stock

est épuisé en dessous du PRL proposé aux taux de pêche actuels. Il convient toutefois d'être prudent compte tenu de la courte période de récolte dans la zone (depuis 2018), de la petite zone spatiale contenant du buccin et des taux de capture inférieurs à ceux du Banquereau.

Bien que des études aient montré que le cycle biologique du buccin peut différer à de petites échelles spatiales (p. ex. 15 km, Ashfaq *et al.* 2019), la subdivision des zones actuellement proposées aux fins de surveillance pourrait poser problème. La concentration des efforts de pêche dans de petites zones pourrait finir par épuiser la population sans une estimation appropriée de la biomasse ou des données indépendantes de la pêche.

SAISON DE PÊCHE

La période de reproduction du buccin et la durée de l'accouplement sont variables dans son aire de répartition (Heude-Berthelin *et al.* 2011). Chez le buccin du golfe du Saint-Laurent, l'accouplement et la ponte commencent en mai et se poursuivent jusqu'en juillet à mesure que la température de l'eau augmente (Martel *et al.* 1986a, Himmelman et Hammel 1993). Compte tenu de la saison de reproduction, il est suggéré, du point de vue de la conservation, que la pêche soit fermée pendant la ponte des œufs afin de permettre aux femelles de se reproduire avant d'être exploitées dans la pêche. La période de reproduction au large du plateau néo-écossais peut différer de celle du golfe du Saint-Laurent, et d'autres recherches seraient nécessaires pour vérifier le moment approprié pour une fermeture de la pêche afin de protéger les femelles reproductrices. Cela pourrait se faire en surveillant l'IGS mensuel (p. ex. le poids des gonades par rapport au poids du corps) et en recueillant des spécimens pour déterminer le stade de maturité à l'aide de l'histologie.

La recherche suggère que les femelles sont moins actives et cessent de se nourrir pendant la période de reproduction, ce qui entraînerait probablement une réduction des prises. La pêche exploratoire actuelle a lieu de juillet à novembre, et les données examinées n'indiquent pas la prédominance des mâles dans les prises, ce qui laisse entendre que la reproduction a lieu avant juillet. De plus, les œufs de buccin sont capturés dans les deux divisions de l'OPANO pendant le relevé estival de l'écosystème du MPO en juillet et en août.

L'alimentation du buccin présente un cycle annuel distinct, avec un pic en hiver, et une baisse à la mi-mai, et les faibles niveaux se poursuivent jusqu'en octobre. Cela laisse entendre que le buccin se nourrit moins pendant les mois d'été. Si c'est le cas, l'attrait du buccin pour la nourriture (et un piège appâté) serait plus grand pendant les mois d'hiver (Martel *et al.* 1986 b, Himmelman 1988).

BIOMASSE EXPLOITABLE ET TAUX D'EXPLOITATION

Sans une estimation appropriée de la biomasse provenant d'un relevé indépendant de la pêche, il est difficile d'estimer un taux de récolte approprié pour assurer une pêche durable. D'après la biologie de l'espèce, on pense que les populations de buccins constituent des systèmes fermés, sans transport de larves et avec des déplacements limités des adultes à partir d'autres zones, ce qui pourrait généralement protéger la population contre les prélèvements. Par conséquent, tout prélèvement direct par la pêche devra être surveillé de près et réévalué au besoin.

Sur la base des indicateurs actuels, la CPUE a fluctué tout au long de la série chronologique, ce qui peut être le résultat de la variabilité annuelle en matière de comportement de pêche, ou indiquer que les prélèvements actuels ont déjà une incidence sur la population. Comme les populations de buccins sont susceptibles de s'épuiser localement, il est suggéré de limiter le TAC dans certaines zones de pêche afin d'encourager l'exploration en dehors des zones de pêche actuelles, et de continuer à surveiller les indicateurs à mesure que les limites annuelles du TAC augmentent lentement.

CALENDRIER DES ÉVALUATIONS, DES MISES À JOUR ET DES CADRES

Des mises à jour sur l'état des stocks de buccins peuvent être fournies par la Direction des Sciences du MPO tous les deux ans, sous réserve de l'approbation du SCAS ou à la demande de la Gestion des ressources du MPO. Les mises à jour seront concises et comprendront des données récentes sur les pêches ainsi que des indicateurs mis à jour pour la surveillance de l'état des stocks. La mise à jour suivra un modèle approuvé qui sera examiné lors de la réunion concernant l'avis scientifique pour le stock, prévue pour juin 2022.

Une fois qu'un cadre est en place pour la pêche, on ne réévalue pas un cadre d'évaluation tant que les progrès scientifiques ne le justifient pas. Plusieurs années de renseignements supplémentaires sont généralement nécessaires avant qu'un autre examen du cadre soit justifié. La Direction des Sciences du MPO, en collaboration avec l'industrie, se chargera des futurs cadres d'évaluation. Les facteurs à prendre en considération pour la réalisation d'un cadre comprendraient les suivants : a) si le risque pour la conservation est élevé (p. ex. les indicateurs ne sont plus valides pour la surveillance d'une pêche commerciale); b) l'existence de nouvelles données ou de nouvelles connaissances scientifiques qui devraient être prises en compte dans la surveillance du stock.

SUIVI À VENIR ET CONCLUSIONS

Les buccins sont vulnérables à la surexploitation et à l'épuisement local, ce qui peut entraîner la perte de sous-populations. Le rétablissement de ces sous-populations sera probablement très lent en fonction de la biologie du buccin. La gestion des activités de pêche du buccin est complexe du fait de la faible fécondité de cette espèce, de l'absence de phase larvaire planctonique avec peu ou pas de migration entre les populations, du ralentissement de la croissance avec l'âge, de la maturation tardive et de la variation des paramètres du cycle biologique pour de petites zones spatiales (Shelmerdine *et al.* 2007, Ashfaq *et al.* 2019).

Une variété d'indicateurs pour surveiller la pêche du buccin dans les divisions 4Vs et 4W ont été explorés dans ce cadre d'évaluation. Des points de référence limites ont été estimés pour toutes les zones où la pêche est pratiquée régulièrement (banc du Milieu de la division 4W, zone 1 et zone 2 de la sous-division 4Vs) sur la base d'une proportion de l'approximation de B_0 , qui est la moyenne annuelle maximale des CPUE de la série chronologique. Les PRL ont été fixés à 0,3 de l'approximation de B_0 pour toutes les zones par souci de prudence, en fonction du risque d'épuisement local du buccin et des incertitudes liées aux stocks. La méthode des CRMD et les modèles SPiCT ne sont pas recommandés parce que la méthode des CRMD nécessite une connaissance de la résilience qui est inconnue pour le buccin sur le plateau néo-écossais et en raison des résultats déraisonnables du modèle SPiCT. L'utilisation des indicateurs basés sur la longueur du CIEM est recommandée en plus des points de référence fondés sur les captures pour surveiller de multiples indicateurs de l'état des stocks en fonction de la répartition des fréquences de longueur. Cette méthode nécessitera une collecte adéquate de données sur les prises retenues afin d'être appliquée aux futures évaluations des stocks.

L'échantillonnage détaillé restera important pour les nouvelles zones de pêche afin d'obtenir des informations sur la maturité (longueur et âge à la maturité), la croissance (longueur et âge), le parasitisme (présence, absence, état de la coquille) et le rapport des sexes en fonction des différences observées à de petites échelles spatiales. Après plusieurs années de collecte, ces informations peuvent être utilisées pour définir des indicateurs permettant de surveiller l'état du stock et d'élaborer des PRL. Les indicateurs secondaires de l'état du stock basés sur l'approche fondée sur la longueur (CIEM 2018) nécessiteront un échantillonnage des fréquences de longueur des prises retenues pour la surveillance dans chaque zone de pêche.

Comme le recommande le cadre de surveillance initial (MPO 2020a), il existe encore des lacunes dans les données sur la pêche du buccin dans la sous-division 4Vs et la division 4W. Une préoccupation majeure est le pourcentage de juvéniles dans les prises retenues qui dépasse possiblement l'allocation de 5 % décrite dans les conditions de permis. Le pourcentage est actuellement inconnu puisque les données sur la répartition de la longueur recueillies à ce jour comprennent les prises rejetées. Les indicateurs basés sur la longueur peuvent être utilisés pour surveiller cette situation à l'avenir. La TRM est une mesure de gestion mise en œuvre pour permettre aux buccins de se reproduire avant de devenir vulnérables à la pêche. Les distributions des fréquences de longueurs des buccins capturés dans l'engin de pêche avant d'être triés à bord suggèrent que 10 à 30 % de ces buccins sont des juvéniles, mais on ne connaît pas celles des buccins débarqués (c.-à-d. qu'il n'existe pas de données permettant de savoir si ces juvéniles sont conservés ou rejetés). Il est recommandé de renforcer le niveau de surveillance des captures (p. ex. observateurs en mer, échantillonnage au port) et de s'efforcer d'améliorer les méthodes de tri actuelles à bord du navire, notamment en enregistrant le nombre ou le poids des petits buccins rejetés en mer, ou en modifiant les casiers actuels pour permettre à un plus grand nombre de petits individus de s'échapper.

Les analyses effectuées dans ce cadre ont montré que la durée d'immersion n'était pas un facteur prédictif important du taux de capture. D'après la documentation scientifique et les études réalisées par l'industrie, la saturation des engins est susceptible de se produire après un certain temps. En raison de la variabilité des données et de l'échelle utilisée pour les analyses (c.-à-d. en jours), il serait avantageux de réévaluer les effets de la durée d'immersion dans un cadre futur lorsque celle-ci sera enregistrée à une échelle de temps plus fine (p. ex. en heures) et par niveau de calées.

Les grands prélèvements de buccin commun sont susceptibles de modifier la dominance de l'espèce du buccin commun vers le colus de Stimpson et devraient être surveillés parallèlement à une augmentation de l'effort de pêche (Kenchington et Glass 1998, Wilcox 2023). L'industrie a fourni des estimations préliminaires sur la proportion des captures qui contiennent des colus de Stimpson (moins de 2 %), mais les informations détaillées concernant les sorties ne sont pas disponibles. Afin de confirmer que la proportion de colus de Stimpson dans les captures est toujours faible et qu'elle est indépendante de l'emplacement, un échantillonnage supplémentaire sur une base mensuelle devrait être effectué pendant une saison de pêche afin de déterminer les changements temporels de l'abondance, puis sur une base annuelle afin de surveiller tout changement dans la composition par espèces dans les captures. Cela pourrait se faire lors de l'échantillonnage détaillé régulier effectué par l'industrie ou à l'usine de transformation où les espèces sont triées pour le marché.

Bien que les données dépendantes de la pêche puissent être utilisées comme une approximation de la biomasse, les relevés indépendants de la pêche sont utiles pour l'élaboration de futurs modèles d'évaluation et la détermination des taux de prélèvement appropriés pour une activité de pêche. Il serait probablement nécessaire d'explorer davantage l'élaboration d'un indice d'abondance à partir des relevés existants dirigés par le MPO (p. ex. le relevé du crabe des neiges des Maritimes), ou l'élaboration d'un relevé indépendant du buccin, afin d'estimer la biomasse de façon plus fiable. Les méthodes potentielles d'estimation de la biomasse pour les pêches des divisions 4Vs et 4W ont été recensées dans Wilcox (2023), et comprennent l'utilisation de relevés par caméra et la mise au point d'un relevé stratifié par drague.

REFERENCES CITÉES

- Anderson, S.C., Mills Flemming, J., Watson, R., and Lotze, H.K. 2011. [Rapid global expansion of invertebrate fisheries: Trends, drivers, and ecosystem effects](#). PLoS ONE 6(3): e14735.
- Andrašūnas, V., Ivanauskas, E., Švagždys, A., and Razinkovas-Baziukas, A. 2022. Assessment of four major fish species stocks in the Lithuanian and Russian parts of Curonian Lagoon (SE Baltic Sea) using CMSY method. *Fishes* 7(9): 1–17.
- Ashfaq, U., Mugridge A., and Hatcher, B.G. 2019. Size at sexual maturity of waved Whelk (*Buccinum undatum*) on the Eastern Scotian Shelf. *Fish. Res.* 212: 12–20.
- Babcock, E.A., Tewfik, A., and Burns-Perez, V. 2018. [Fish community and single-species indicators provide evidence of unsustainable practices in a multi-gear reef fishery](#). *Fish. Res.* 208: 70–85.
- Borsetti, S. Munroe, D., Rudders, D.B., Dobson, C., and Bochenek, E.A. 2018. Spatial variation in life history characteristics of waved Whelk (*Buccinum undatum* L.) on the U.S. Mid-Atlantic continental shelf. *Fish. Res.* 198: 129–137.
- Borsetti, S., Hollyman, P.R., and Munroe, D. 2021. [Using a sclerochronological approach to determine a climate-growth relationship for waved Whelk, *Buccinum undatum*, in the U.S. Mid-Atlantic](#). *Estuarine, Coastal, and Shelf Science.* 252: 107255.
- Borsetti, S., Munroe, D., Rudders, D., and Chang, J.H. 2020. [Timing of the reproductive cycle of waved Whelk, *Buccinum undatum*, on the U. S. Mid-Atlantic Bight](#). *Helgol. Mar. Res.* 74: 5.
- Boudreau, M. 2022. [DLM Reference Point](#).
- Brulotte, S. 2012. [Évaluation des stocks de buccin des eaux côtières du Québec](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/058. xi + 106 p.
- CAFID (Canada/Newfoundland Cooperation Agreement For Fishing Industry Development) 1996. Whelk harvesting and processing: A status report. 13.
- Chen I-C, Hill J.K., Ohlemüller R., Roy D.B., and Thomas, C.D. 2011. [Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming](#). *Science.* 333: 1024–1026.
- de Vooy, C.G.N. and van der Meer, J. 2010. The Whelk (*Buccinum undatum* L.) in the western Dutch Wadden Sea in the periods 1946-1970: Assessment of population characteristics and fishery impact. *J. Sea Res.* 63: 11–16.
- Department of Justice. 1985. Atlantic Fishery Regulations, 1985 (SOR/86-21). Ottawa: Department of Justice Report No.: SOR/86-21.
- DFO 1997. [Whelk in the coastal waters of Quebec](#). DFO Sci. Stock Stat. Rep. C4-09.
- DFO. 2009a. [Proceedings of a Workshop on Canadian Science and Management Strategies for Whelk: 3-4 June 2008](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2009/024.
- DFO. 2015. [Proceedings of the National Peer Review on the Development of Technical Guidelines for the Provision of Scientific Advice on the Various Elements of Fisheries and Oceans Canada Precautionary Approach Framework; February 28-March 1, 2012](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2015/005.
- Dumont, C.P., Roy, J., and Himmelman, J.H. 2008. [Predation by the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* on capsular egg masses of the Whelk *Buccinum undatum*](#). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom.* 88(5): 1025–1031.

-
- Eddy, T.D., Coll, M., Fulton, E.A., and Lotze, H.K. 2015. [Trade-offs between invertebrate fisheries catches and ecosystem impacts in coastal New Zealand](#). ICES J. Mar. Sci. 72(5): 1320–1388.
- Emmerson, J.A., Haig, J.A., Bloor, I.S., and Kaiser, M.J. 2018. The complexities and challenges of conserving common Whelk (*Buccinum undatum* L.) fishery resources: Spatio-temporal study of variable population demographics within an environmental context. Fish. Res. 204: 125–136.
- Emmerson, J.A., Hollyman, P.R., Bloor, I.S.M., and Jenkins, S.R. 2020. Effect of temperature on the growth of the commercially fished common Whelk (*Buccinum undatum*, L.): A regional analysis within the Irish Sea. Fish. Res. 223: 1–10.
- Evans, P.L., Kaiser, M.J., and Hughes, R.N. 1996. Behaviour and energetics of Whelks, *Buccinum undatum* (L.), feeding on animals killed by beam trawling. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 197: 51–62.
- Fahy, E., Yalloway, G., and Gleeson, P. 1995. Appraisal of the Whelk *Buccinum undatum* fishery of the southern Irish sea with proposals for a management strategy. Irish Fish. Invest. Ser. B. (Marine), 42, 26 (Government of Ireland, Dublin Stationary Office).
- Fonds, M. 1991. Measurements of catch composition and survival of benthic animals in beam trawl fishery for sole in the Southern North Sea. *In*: Effects of beam trawl fishery on the bottom fauna in the North Sea: II- the 1990 studies. BEON The Hauge, BEON report, 13, 85 pp.
- Fonds, M., Verboom, B.L., and Groeneveldet, K. 1992. Catch composition and survival of fish and benthic invertebrates in commercial beam trawls for sole and plaice fishery in the Southern North Sea. *In*: Effects of beam trawl fishery on the bottom fauna in the North Sea: III- the 1991 studies. BEON The Hague, BEON Report. 16, 27 pp.
- Fonds, M. 1994. Mortality of fish and invertebrates in beam trawl catches and the survival chances of discards. *In*: De Groot, S.J., Lindeboom, H.J. (Eds.). Environmental Impact of Bottom Gears on Benthic Fauna in Relation to Natural Resources Management and protection of the North Sea, NIOZ Rapport 1994-11, Texel, RIVO-DLO Rapport C026/94, IJmuiden, 257 pp.
- Francis, R.C. 1974. Relationship of fishing mortality to natural mortality at the level of maximum sustainable yield under the logistic stock production model. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1539–1542.
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., and Winker, H. 2017. [Estimating fisheries reference points from catch and resilience](#). Fish Fish. 18: 506–526.
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A. C., Dimarchopoulou, D., Scarcella, G., Probst, W. N., Dureuil, M., and Pauly, D. 2018. [A new approach for estimating stock status from length frequency data](#). ICES J. Mar. Sci. 75: 2004–2015.
- Gabriel, W.L. and Mace, P.M. 1999. A review of biological reference points in the context of the precautionary approach. Proceedings, 5th NMFS NSAW. 1999. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-40.
- Gendron, L. 1991. Gestion de l'exploitation du buccin *Buccinum undatum* au Quebec : détermination d'une taille minimale de capture. Rapp. Tech. can. Sci. halieut. Aquat. 1833, 47.

-
- Gendron, L. 1992. Determination of the size at sexual maturity of the waved Whelk in the Gulf of St. Lawrence as a basis for the establishment of a minimum catchable size. *J. Shellfish Res.* 11: 1–7.
- Giguère, M., Brulotte, S. and Brillon, S. 2007. Essais de 12 modèles de casiers de pêche au buccin commun (*Buccinum undatum*) en milieu naturel et observations comportementales en bassin. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2696: viii + 36 p.
- Goodall, J., Westfall, K.M., Magnúsdóttir, H., Pálsson, S., Örnólfssdóttir, E.B., and Jónsson, Z.O. 2020. RAD sequencing of common Whelk, *Buccinum undatum*, reveals fine-scale population structuring in Europe and cryptic speciation within the North Atlantic. *Ecology and Evolution.* 11: 2616–2629.
- Goodyear, C.P. 1993. Spawning stock biomass per recruit in fisheries management: foundation and current use. P. 67-81. *In* S.J. Smith, J.J. Hunt and D. Rivard (ed.). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 120.
- Haig, J. A., Pantin, J. R., Salomonsen, H., Murray, L. G., and Kaiser, M. J. 2015. [Temporal and spatial variation in size at maturity of the common Whelk \(*Buccinum undatum*\)](#). *ICES J. Mar. Sci.* 72: 2707–2719.
- Hamelin, K.M., James, M.C., Ledwell, W., Huntington, J., and Martin, K. 2017. [Incidental capture of leatherback sea turtles in fixed fishing gear off Atlantic Canada](#). *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 27(3): 631–642.
- Hancock, D.A. 1963. Marking experiments with the commercial Whelk (*Buccinum undatum*). *Spec. Publs. Int. Commn. NW. Atlant. Fish.* 4: 176–187.
- Harley, S.J., Myers, R.A., and Dunn, A. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 1760–1772.
- Heude-Berthelin, C., Hégron-Macé, L., Legrand, V., Jouaux, A., Adeline, B., Mathieu, M., and K. Kellner. 2011. [Growth and reproduction of the common Whelk *Buccinum undatum* in west Cotentin \(Channel\), France](#). *Aquat. Living Resour.* 24: 317–327.
- Himmelman, J.H., 1988. Movement of Whelks (*Buccinum undatum*) towards a baited trap, *Mar. Biol.* 97: 521–531.
- Himmelman, J.H., and Hamel, J. 1993. Diet, behaviour and reproduction of the Whelk *Buccinum undatum* in the northern Gulf of St. Lawrence, eastern Canada. *Mar. Biol.* 116(3): 423–30.
- Hollyman, P. 2017. Age, growth and reproductive assessment of the Whelk, *Buccinum undatum*, in coastal shelf seas. Menai Bridge: Bangor University.
- Hollyman, P.R., Chenery, S.R.N., Leng, M.J., Laptikhovskiy, V.V., Colvin, C.N., and Richardson, C.A. 2018. [Age and growth rate estimations of the commercially fished gastropod *Buccinum undatum*](#). *ICES J. Mar. Sci.* 75: 2129–2144.
- Hordyk, A., Ono, K., Prince, J.D., and Walters, C.J. 2016. [A simple length-structured model based on life history ratios and incorporating size-dependent selectivity: application to spawning potential ratios for data-poor stocks](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 13: 1– 13.
- Hordyk, A.R. 2021. [LBSPR: An R package for simulation and estimation using life-history ratios and length composition data](#).
- Hordyk, A.R., Ono, K., Sainsbury, K.J., Loneragan, N., and Prince, J.D. 2015a. Some explorations of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 204–216.
-

-
- Hordyk, A.R., Ono, K., Valencia, S.R., Loneragan, N.R., and Prince, J.D. 2015b. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 217–231.
- ICES 2018. [ICES reference points for stocks in categories 3 and 4](#). ICES Technical Guidelines.
- Jalbert, P., Himmelman, J.H., Béland, P., and Thomas, B. 1989. Whelks (*Buccinum undatum*) and other subtidal invertebrate predators in the northern Gulf of St. Lawrence. *Naturaliste Can.* 116(1): 1–15.
- Johnson, A., Salvador, G., Kenney, J., Robbins, J., Kraus, S., Landry, S., Clapham, P. 2005. [Fishing gear involved in entanglements of right and humpback whales](#). *Mar. Mammal Sci.* 21(4): 635–645.
- Kaiser, M.J., and Spencer, B.E. 1995. Survival of by-catch from a beam trawl. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 126: 31–38.
- Kenchington, E., and Glass, A. 1998. Local adaptation and sexual dimorphism in the waved Whelk (*Buccinum undatum*) in Atlantic Nova Scotia with applications to fisheries management. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2237 iv +43 p.
- Kenchington, E., and Lundy, M.J. 1996. [A summary of a Whelk \(*Buccinum undatum*\) test fishery in the Tusket Island area of Southwest Nova Scotia with a review of biological characteristics relevant to the development of this resource](#). DFO Atlantic Fisheries Research Document 96/12.
- Kenchington, T.J. 2014. Natural mortality estimators for information-limited fisheries. *Fish Fish.* 15(4): 533–562.
- Kideys, A.E. 1996. Estimation of the density of *Buccinum undatum* (Gastropoda) off Douglas, Isle of Man. *Helgoländer Meeresunters.* 47: 35–48.
- Kleisner, K., Zeller, D., Froese, R., and Pauly, D. 2013. Using global catch data for inferences on the world's marine fisheries. *Fish Fish.* 14: 293–311.
- Lapointe, V., and Sainte-Marie, B. 1992. Currents, predators, and the aggregation of the gastropod *Buccinum undatum* around bait. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 85: 245–257.
- Laptikhovskiy, V., Barrett, C., Firmin, C., Hollyman, P., Lawler, A., Masfield, R., McIntyre, R., Palmer, D., Soeffker, M., and Parker-Humphreys, M. 2016. [A novel approach for estimation of natural mortality of the common Whelk, *Buccinum undatum* \(L.\) and role of hermit crabs in its shell turnover](#). *Fish. Res.* 183:146–154.
- Logothetis, E.A. and Beresoff, D.A. 2004. Viability of a conch pot fishery in southeast North Carolina. North Carolina Sea Grant Project. Number 02-FEG-1.
- Louisbourg Seafood Ltd 2011. Offshore Whelk fishery: Request for a stage 1 Experimental licence. Louisbourg, NS: Louisbourg Seafoods Ltd.
- Louisbourg Seafoods Ltd. 2017. Louisbourg Seafoods Limited 4VsW Offshore Whelk: Survey/Science Plan 2017 Stage II Exploratory Fishery. Louisbourg, NS: Louisbourg Seafoods Ltd.
- Louisbourg Seafoods Ltd. 2019. Report on 2018 Exploratory Whelk Activities. Louisbourg, NS: Louisbourg Seafoods Ltd.
- Mace, P.M. 1994. [Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51(1): 110–122.
-

-
- Magnúsdóttir, H. 2010. The common Whelk (*Buccinum undatum* L.): Life history traits and population structure. MSc thesis, Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland.
- Magnúsdóttir, H., Pálsson, S., Westfall, K.M., Z.O. Jónsson, Z.O., and Örnólfsson, E.B. 2017. Shell morphology and color of the subtidal Whelk *Buccinum undatum* exhibit fine-scaled spatial patterns. *Ecology and Evolution*. 8: 4552–4563.
- Martel, A., Larrivée, D.H., and Himmelman, J.H. 1986a. Behaviour and timing of copulation and egg laying in the neogastropod *Buccinum undatum* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 96: 27–42.
- Martel, A., Larrivée, D.H., Klein, K.R., and Himmelman, J.H. 1986b. Reproductive cycle and seasonal feeding activity of the neogastropod *Buccinum undatum*. *Mar. Biol.* 92: 211–221.
- McIntyre, R., Lawler, A., and Masefield, R. 2015. [Size of maturity of the common Whelk, *Buccinum undatum*: Is the minimum landing size in England too low?](#) *Fish. Res.* 162: 53–57.
- McQuinn, I.H., Gendron, L., and Himmelman, J.H. 1988. Area of attraction and effective area fished by a Whelk (*Buccinum undatum*) trap under variable conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 2054–2060.
- Mensink, B.P., Fischer, C.V., Cadée, G.C., Fonds, M., Ten Hallers-Tjabbes, C.C., and Boon, J.P. 2000. Shell damage and mortality of the common Whelk *Buccinum undatum* caused by beam trawl fishery. *Journal of Sea Research*, 43: 53–64.
- Mercier, A. and Hamel, J. 2008. Nature and role of newly described symbiotic associations between a sea anemone and gastropods at bathyal depths in the NW Atlantic. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 358(1): 57–69.
- Mildenberger, T.K., Kokkalis, A.K., and Berg, C.W. 2021. [Guidelines for the stochastic production model in continuous time \(SPiCT\)](#).
- Ministry of Fisheries. 2011. Operational guidelines for New Zealand's harvest strategy standard, Revision 1. New Zealand Ministry of Fisheries.
- Morato, T., Watson, R., Pitcher, T.J., and Pauly, D. 2006. Fishing down the deep. *Fish Fish.* 7(1): 24–34.
- MPO. 2009b. [Évaluation des stocks de buccin des eaux côtières du Québec en 2008](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/028.
- MPO. 2009c. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution : Cadre pour la pêche durable](#). Pêches et Océans Canada.
- MPO. 2020a. [Élaboration d'un cadre de surveillance pour l'établissement éventuel d'une pêche commerciale du buccin \(*Buccinum undatum*\) dans la région des Maritimes \(4Vs, 4W\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/045.
- MPO. 2020b. [Avis aux pêcheurs : Mise à jour des conditions de permis reliées à la gamme de couleurs obligatoires pour le marquage des engins de pêche dans l'est du Canada](#). Pêches et Océans Canada.
- MPO. 2021. [Buccin \(*Buccinum undatum*\) Sous-division 3Ps de l'organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest Région de Terre-Neuve et du Labrador](#). Plan de gestion intégrée des pêches. Pêches et Océans Canada.
- Ono, K., Punt, A. E., and Rivot, E. 2012. Model performance analysis for Bayesian biomass dynamics models using bias, precision and reliability metrics. *Fish. Res.* 125–126: 173–183.

-
- Ovando, D., Free, C.M., Jensen, O.P., Hillborn, R. 2022. [A history and evaluation of catch-only stock assessment models](#). *Fish Fish.* 23: 616–630.
- Ovando, D., Hilborn, R., Monnahan, C., Rudd, M., Sharma, R., Thorson, J. T., Rousseau, Y., and Ye, Y. 2021. [Improving estimates of the state of global fisheries depends on better data](#). *Fish Fish.* 22(6): 1377–1391.
- Pálsson, S., Magnúsdóttir, H., Reynisdóttir, S., Jónsson, Z.O., and Örnólfssdóttir, E.B. 2014. Divergence and molecular variation in common Whelk *Buccinum undatum* (Gastropoda: Buccinidae) in Iceland: a trans-Atlantic comparison. *Biol. J. Linn. Soc.* 11: 145–159.
- Pedersen, M.W. and Berg, C.W. 2021. [A stochastic surplus production model in continuous time](#). *Fish Fish.* 18(2): 226–43.
- Pons, M. Cope, J.M., and Kell, L.T. 2020. Comparing performance of catch-based and length-based stock assessment methods in data-limited fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 77: 1026–1037.
- Premium Seafoods Group. 2019. A summary of exploratory stage II Whelk (*Buccinum undatum*) fishing trials in NAFO area 4W. Arichat, NS: Premium Seafoods Group.
- Prince, J.D., Hordyk, A.R., Valencia, S.R., Loneragan, N.R., and Sainsbury, K.J. 2015. Revisiting the concept of Beverton–Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 194–203.
- Punt A. E., and Szuwalski, C. 2012. How well can FMSY and BMSY be estimated using empirical measures of surplus production? *Fish. Res.* 134–136: 113–124.
- Quinn, T. J., and Deriso, R.B. 1999. Quantitative fish dynamics. New York, NY: Oxford University Press.
- R core Team. 2022. [R: A language and environment for statistical computing](#). Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Ramsay, K., and Kaiser, M.J. 1998. Demersal fishing disturbance increases predation risk for Whelks (*Buccinum undatum* L.). *Journal of Sea Research.* 39: 299–304.
- Rawlings, T., McVarish, C., and Hatcher, B. 2009. Experimental fishing trials for waved Whelk (*Buccinum undatum*) in Eastern Nova Scotia: Autumn, 2009. New Fisheries Centre Research Publication No. 2009-1, April 2008, Bras d'Or Institute for Ecosystem Research, Cape Breton University, Sydney, Nova Scotia. 22 pp.
- Sainsbury, K.J. 2008. Best practice reference points for Australian fisheries. Australian Fisheries Management Authority, Canberra, 156 p.
- Sainte-Marie, B. 1991. Whelk (*Buccinum undatum*) movement and its implications for the use of tag-recapture methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 751–756.
- Schweitzer, C.C., Lipcius, R.N., and Stevens, B.G. 2018. [Impacts of a multi-trap line on benthic habitat containing emergent epifauna within the Mid-Atlantic Bight](#). *ICES J. Mar. Sci.* 75(6): 2202–2212.
- Shelmerdine, R.L., Adamson, J., Laurenson, C.H., and Leslie (né Mouat), B. 2007. Size variation of the common Whelk, *Buccinum undatum*, over large and small spatial scales: Potential implications for micro-management within the fishery. *Fish. Res.* 86: 201–206.
- Tétreault, F., Himmelman, J.H., and Measures, L. 2000. Impact of a castrating trematode, *Neophasis* sp., on the common Whelk, *Buccinum undatum*, in the Northern Gulf of St. Lawrence. *Biol. Bull.* 198(2): 261–71.
-

-
- Thatje, S., Dunbar, C.G., Smith, K.E. 2019. Temperature-driven inter-annual variability in reproductive investment in the common Whelk *Buccinum undatum*. *Journal of Sea Research*, 148-149: 17–22.
- Then, A.Y., Hoenig, J.M., Hall, N.G., and Hewitt, D.A. 2015. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J. Mar. Sci.* 72(1): 82–92.
- Thomas, M.L.H., and Himmelman, J.H. 1988. Influence of predation on shell morphology of *Buccinum undatum* L. on Atlantic coast of Canada. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 115: 221-236.
- Valentinsson, D. 2002. Reproductive cycle and maternal effects on offspring size and number in the neogastropod *Buccinum undatum* (L.). *Mar. Biol.* 140: 1139–1147.
- Valentinsson, D., Sjödin, F., Jonsson, P.R., Nilsson, P., and Wheatley, C. 1999. Appraisal of the potential for a future fishery on Whelks (*Buccinum undatum*) in Swedish waters: CPUE and biological aspects. *Fish. Res.* 42(3): 215–27.
- Wallingford, P.D., and Sorte, C.J. 2022. Dynamic species interactions associated with the range-shifting marine gastropod *Mexacanthina lugubris*. *Oecologia*, 198: 749–761.
- Walters, C.J., and Martell, S.J.D. 2004. *Fisheries ecology and management*. Princeton University Press. 399 p.
- Weetman, D., Hauser, L., Bayes, M.K., Ellis, J.R., and Shaw, P.W. 2006. Genetic population structure across a range of geographic scales in the commercially exploited marine gastropod *Buccinum undatum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 317: 157–169.
- Wilcox, M.A. 2023. [Élaboration d'un cadre de surveillance pour l'établissement éventuel d'une pêche commerciale du buccin dans la région des Maritimes \(4VS, 4W\)](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/019. iv + 53 p.
- Zhou, S., Kolding, J., Garcia, S.M. *et al.* 2019. [Balanced harvest: concept, policies, evidence, and management implications](#). *Rev. Fish Biol. Fisheries.* 29: 711–733.

ANNEXE

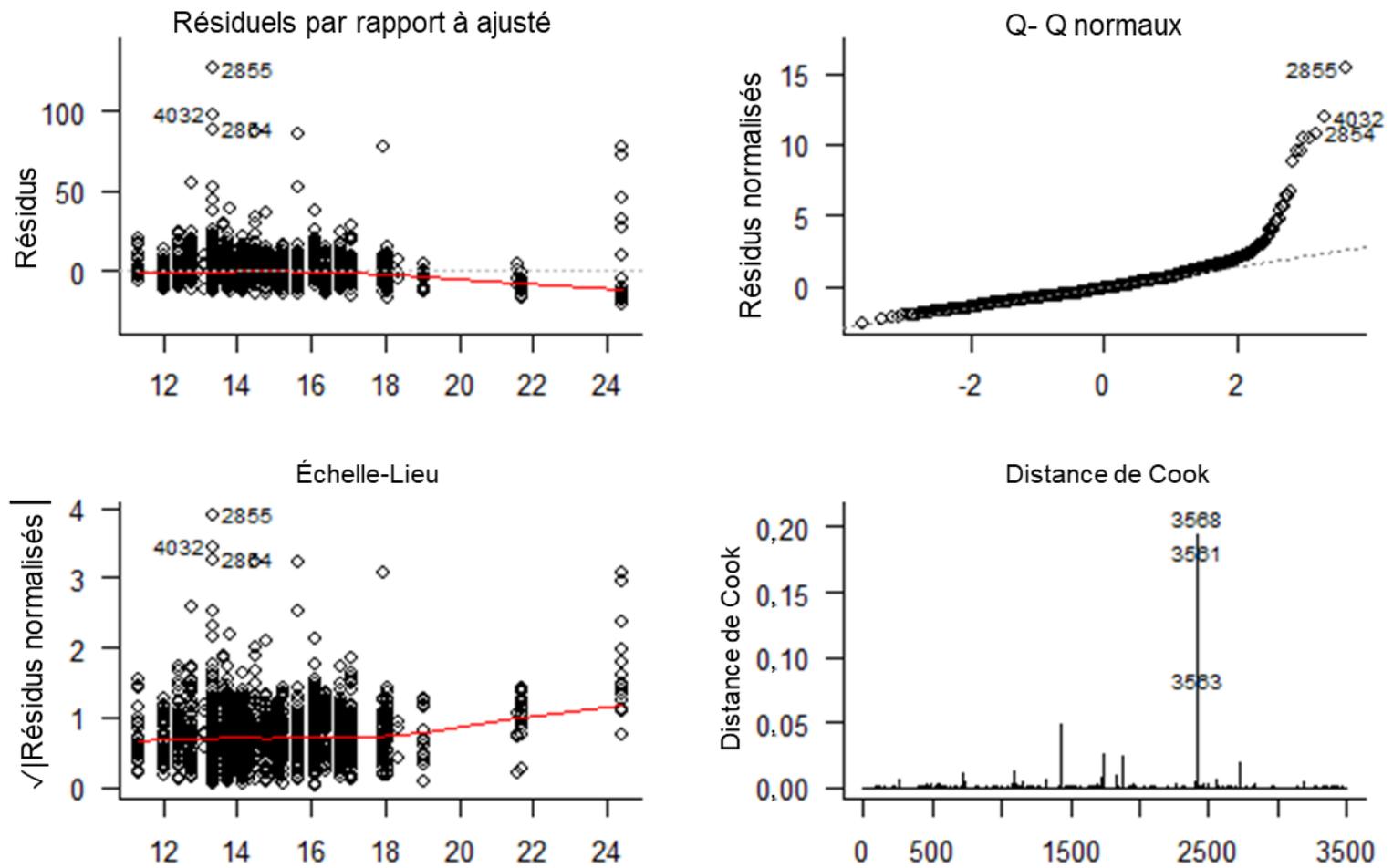


Figure A1. Exemple de diagnostic des hypothèses pour un modèle linéaire des taux de capture par rapport à la durée d'immersion pour la pêche du buccin dans la sous-division 4Vs. Le premier diagnostic (panneau 1) vérifie la relation linéaire; le deuxième diagnostic (panneau 2) examine si les résidus sont distribués normalement; le troisième diagnostic (panneau 3) vérifie l'homogénéité de la variance des résidus; et le quatrième diagnostic (panneau 4) examine les points influents dans les données en fonction de la distance de Cook.

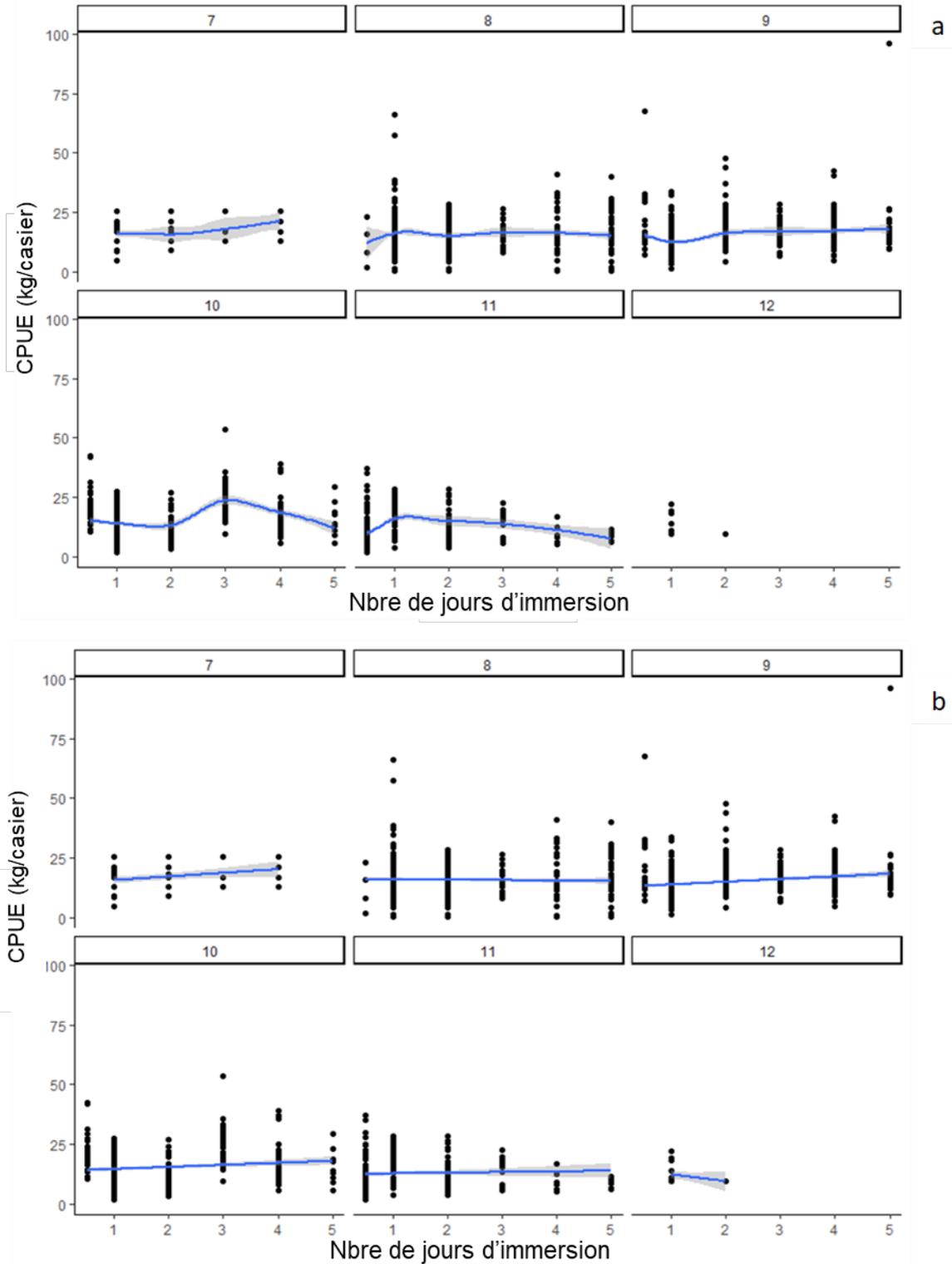


Figure A2. Captures par unité d'effort (CPUE : kg/casier) par rapport au nombre de jours où le casier a été dans l'eau, résumé par mois (c.-à-d. 7 à 12) dans la sous-division 4Vs pour la zone de pêche 1. Un lissage de Loess est appliqué dans le graphique supérieur (a) et une régression linéaire est appliquée dans le graphique inférieur (b).

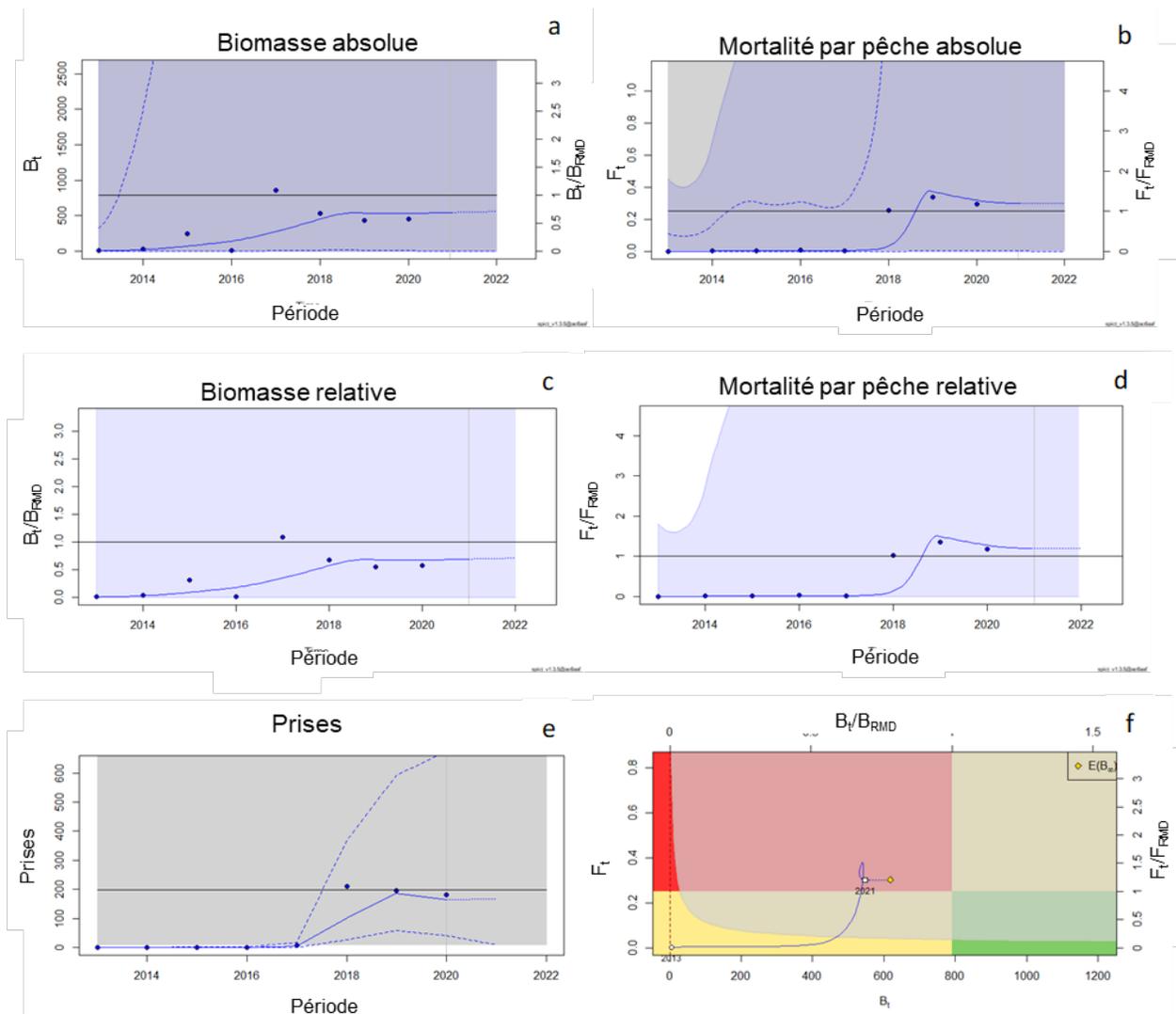


Figure A3. a) biomasse absolue (B_t) et b) estimations (cercles) de la mortalité par pêche (F_t) pour la pêche hauturière du buccin dans la division 4W, estimées à l'aide du modèle SPiCT. La zone des intervalles de confiance (IC) à 95 % ombrée en bleu correspond aux axes de droite des diagrammes (relatifs) et les lignes bleues tiretées sont les IC à 95 % pour les axes de gauche (absolus). La ligne pleine noire est l'estimation de B_{RMD} ou de F_{RMD} , et l'ombrage gris représente l'IC à 95 % de cette estimation. c) biomasse relative et d) estimations de la mortalité par pêche avec IC à 95 % (ombrage bleu). e) captures avec IC à 95 % (lignes bleues tiretées) et RMD estimé (ligne noire avec IC à 95 % [ombrage gris]). Les cercles bleus représentent les données observées et la ligne bleue est l'estimation des prises du modèle. f) diagramme de Kobe où la zone ombrée en gris indique la région de confiance à 95 % de la paire F_{RMD}, B_{RMD} .

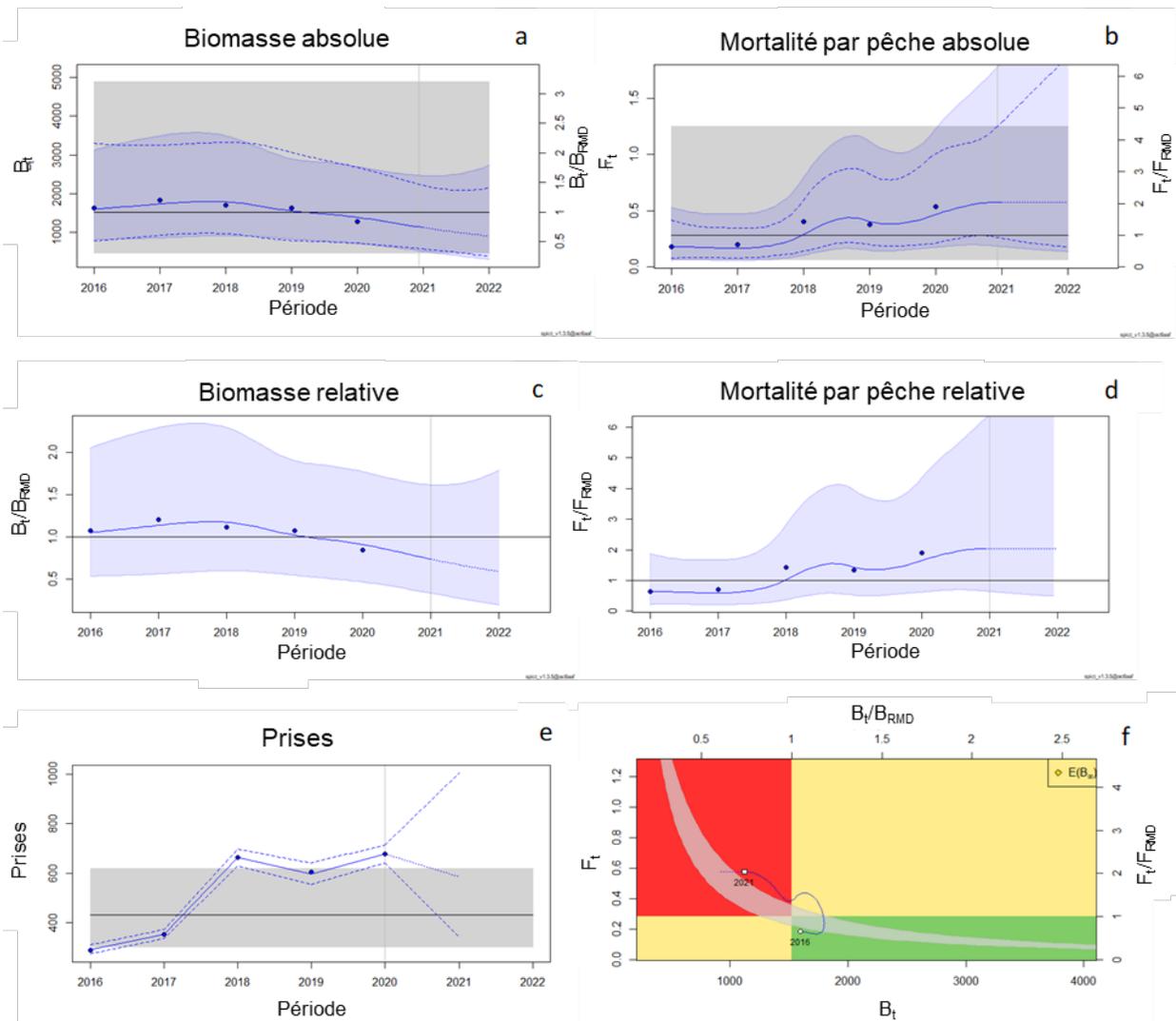


Figure A4. a) biomasse absolue (B_t) et b) mortalité par pêche (F_t) pour la pêche hauturière du buccin dans la sous-division 4Vs, estimées à l'aide du modèle SPiCT. La zone des intervalles de confiance (IC) à 95 % ombrée en bleu correspond aux axes de droite des diagrammes (relatifs) et les lignes bleues tiretées sont les IC à 95 % pour les axes de gauche (absolus). La ligne pleine noire est l'estimation de B_{RMD} ou de F_{RMD} , et l'ombrage gris représente l'IC à 95 % de cette estimation. c) biomasse relative et d) estimations de la mortalité par pêche avec IC à 95 % (ombrage bleu). e) captures avec IC à 95 % (lignes bleues tiretées) et RMD estimé (ligne noire avec IC à 95 % [ombrage gris]). Les cercles bleus représentent les données observées et la ligne bleue est l'estimation des prises du modèle. f) diagramme de Kobe où la zone ombrée en gris indique la région de confiance à 95 % de la paire F_{RMD} , B_{RMD} .

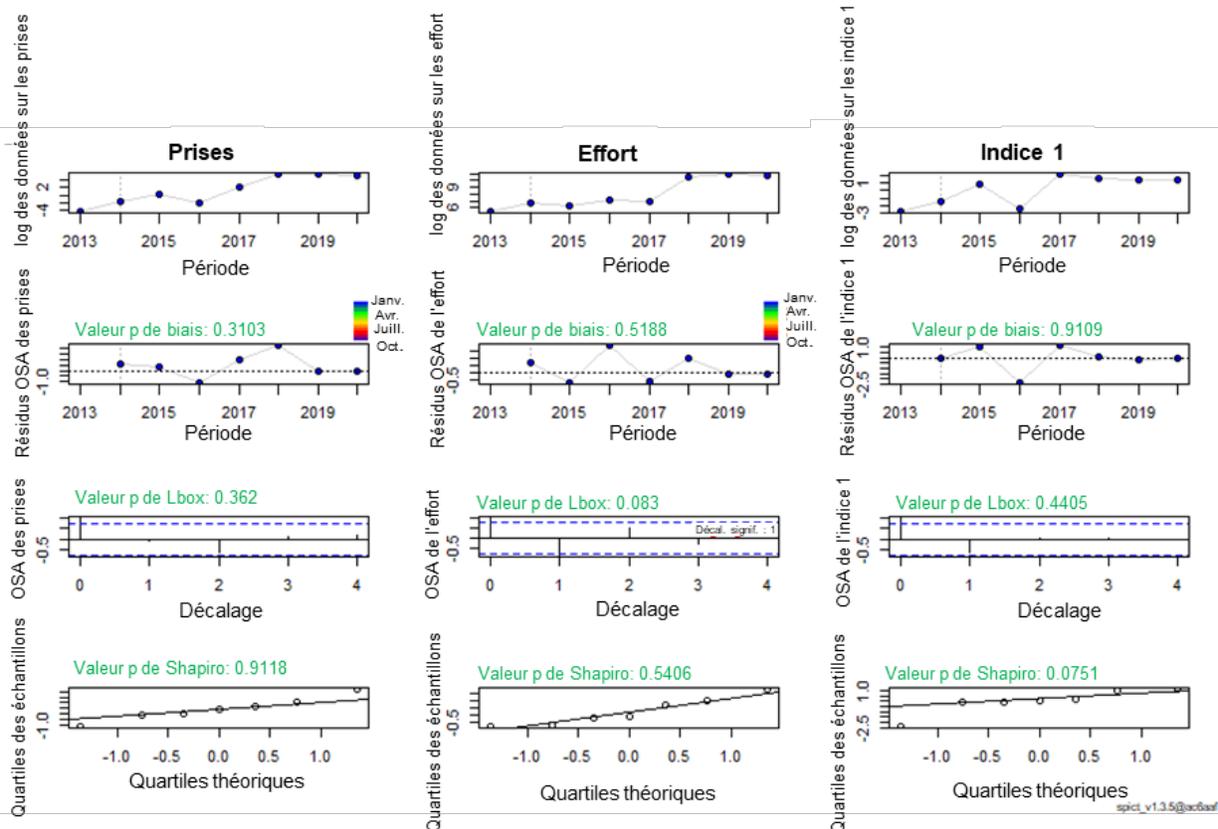


Figure A5. Diagnostic du modèle SPiCT pour la pêche du buccin de la division 4W. La première rangée correspond au logarithme des données d'entrée. La deuxième rangée contient les résidus OSA [one-step-ahead, une étape à l'avance] avec la valeur p d'un test de biais. La troisième rangée représente les autocorrélations empiriques des résidus qui sont testés à l'aide d'un test simultané de Ljung-Box. La quatrième rangée a servi à tester la normalité des résidus à l'aide d'un diagramme Q-Q et d'un test de Shapiro. Un en-tête vert indique que le résultat n'est pas significatif.

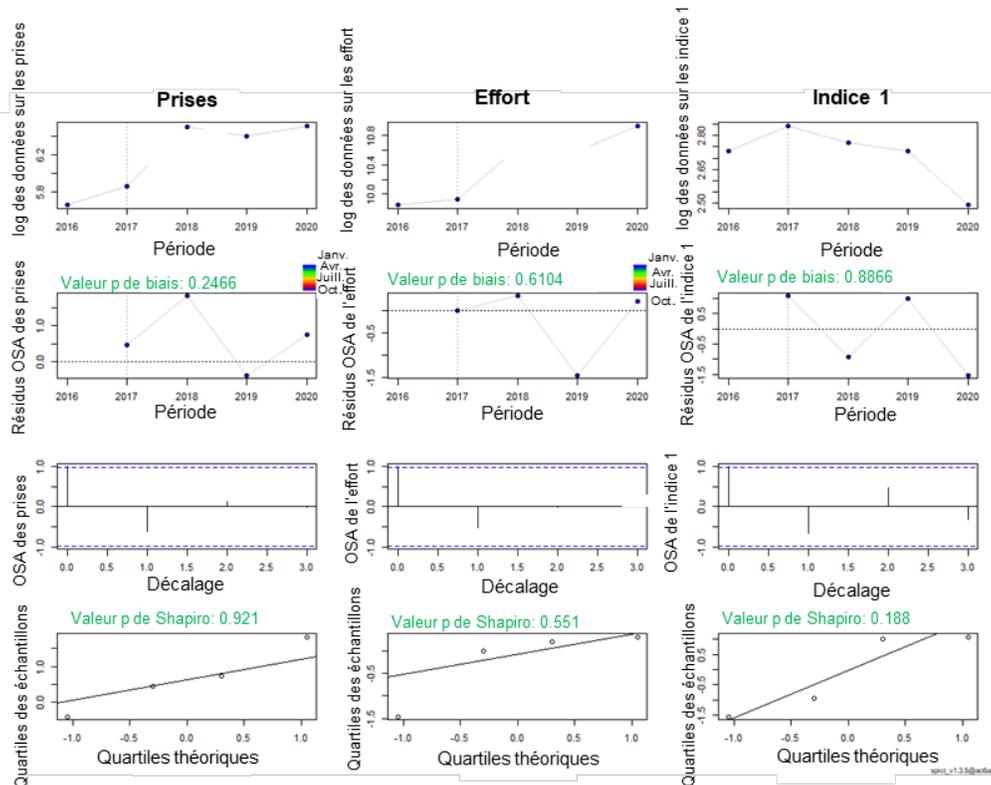


Figure A6. Diagnostic du modèle SPiCT pour la pêche du buccin de la sous-division 4Vs. La première rangée correspond au logarithme des données d'entrée. La deuxième rangée contient les résidus OSA [one-step-ahead, une étape à l'avance] avec la valeur p d'un test de biais. La troisième rangée représente les autocorrélations empiriques des résidus qui sont testés à l'aide d'un test simultané de Ljung-Box. La quatrième rangée a servi à tester la normalité des résidus à l'aide d'un diagramme Q-Q et d'un test de Shapiro. Un en-tête vert indique que le résultat n'est pas significatif, tandis qu'un en-tête rouge indique un résultat significatif.

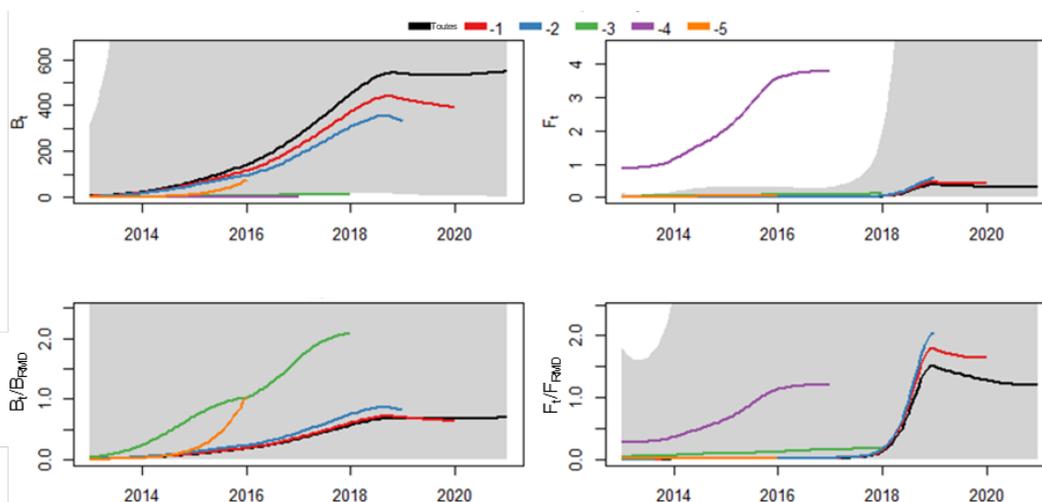


Figure A7. Tendances rétrospectives de la biomasse totale (B_t , panneau 1), de la mortalité totale par pêche (F_t , panneau 2), de la biomasse relative (panneau 3) et de la mortalité relative par pêche (panneau 4) dans la sous-division 4Vs selon le modèle SPiCT. Chaque ligne de couleur représente chaque année précédente, et le rho de Mohn est calculé dans la mesure du possible pour les diagrammes relatifs.

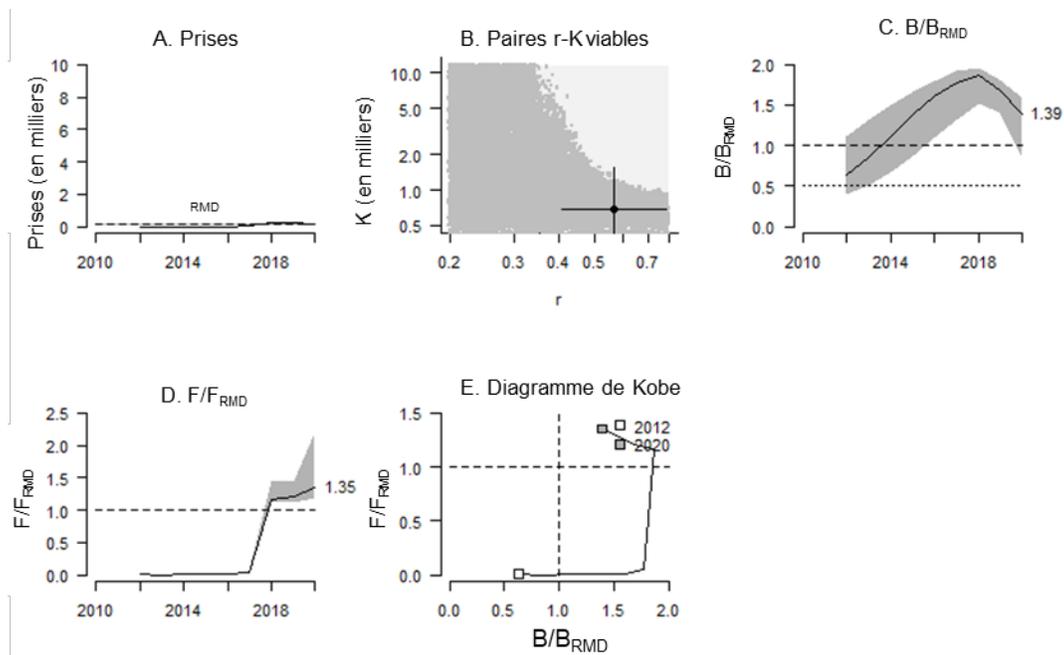


Figure A8. Sortie du modèle des CRMD en supposant une résilience moyenne pour la pêche du buccin dans la division 4W; a) captures avec le RMD estimé représentées par la ligne tiretée et IC à 95 % indiqué sous forme d'ombrage gris; b) paires r-k viables, les paires r-k qui ont rempli les conditions de CRMD sont indiquées en gris et les paires les plus probables sont indiquées par la croix noire; c) biomasse prédite par les CRMD avec IC à 95 % (ombrage gris), la ligne tiretée horizontale indiquant la B_{RMD} et la ligne pointillée indiquant la moitié de B_{RMD} ; d) mortalité par pêche prévue par les CRMD avec IC à 95 % (ombrage gris), la ligne tiretée horizontale indiquant F_{RMD} et e) diagramme de Kobe.

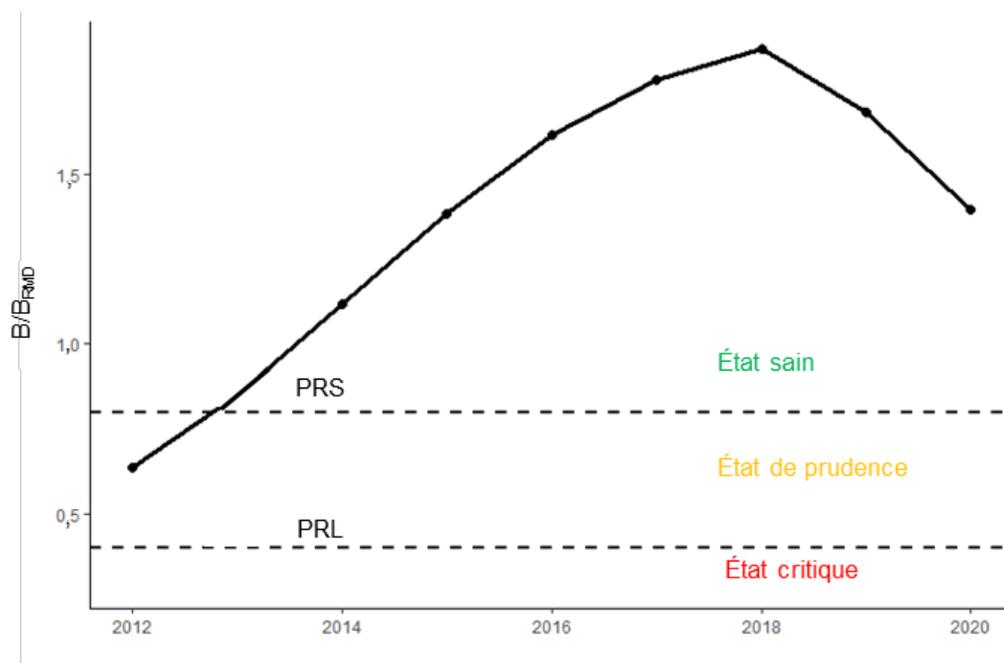


Figure A9. L'état des stocks est fondé sur les estimations du modèle des CRMD en supposant une résilience moyenne pour le buccin dans la division 4W. Le point de référence limite (PRL) est basé sur $0,4 \cdot B_{RMD}$ et $0,8 \cdot B_{RMD}$ pour le point de référence supérieur (PRS). Diagrammes modifiés de Boudreau (2022).

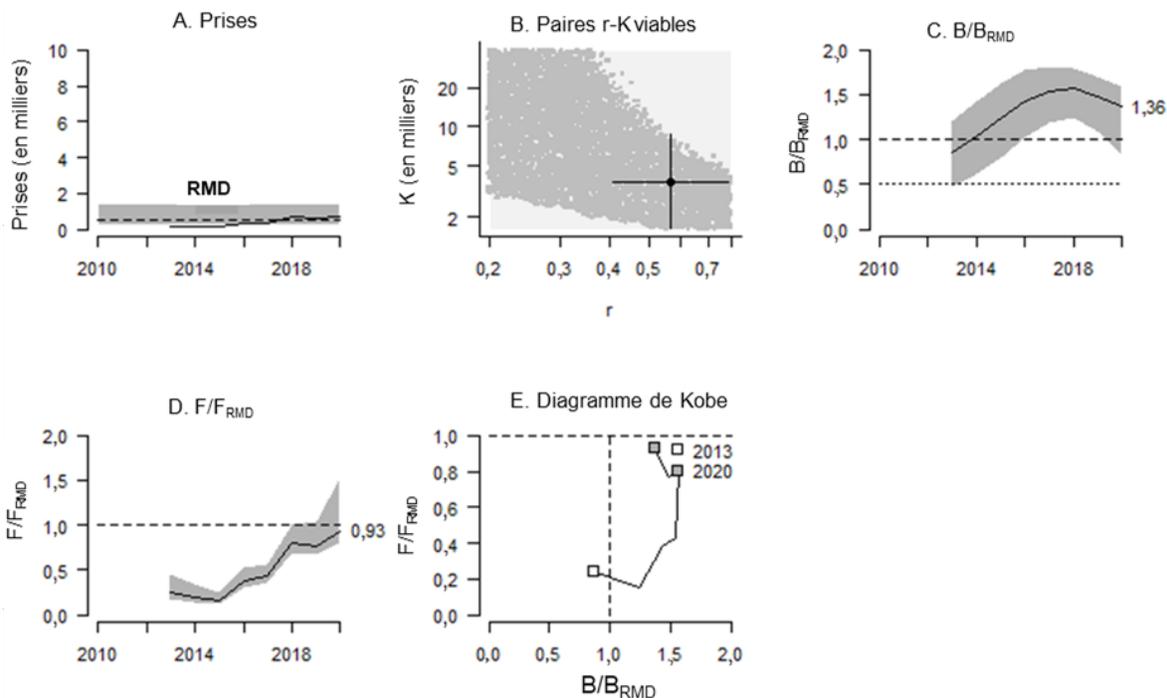


Figure A10. Sortie du modèle des CRMD en supposant une résilience moyenne pour la pêche du buccin dans la sous-division 4Vs; a) captures avec le RMD estimé représentées par la ligne tiretée et intervalle de confiance à 95 % indiqué sous forme d'ombrage gris; b) paires r-k viables, les paires r-k qui ont rempli les conditions de CRMD sont indiquées en gris et les paires les plus probables sont indiquées par la croix noire; c) biomasse prédite par les CRMD avec IC à 95 % (ombrage gris), la ligne tiretée horizontale indiquant B_{RMD} et la ligne pointillée indiquant la moitié de B_{RMD} ; d) mortalité par pêche prévue par les CRMD avec IC à 95 % (ombrage gris), la ligne tiretée horizontale indiquant F_{RMD} et e) diagramme de Kobe.

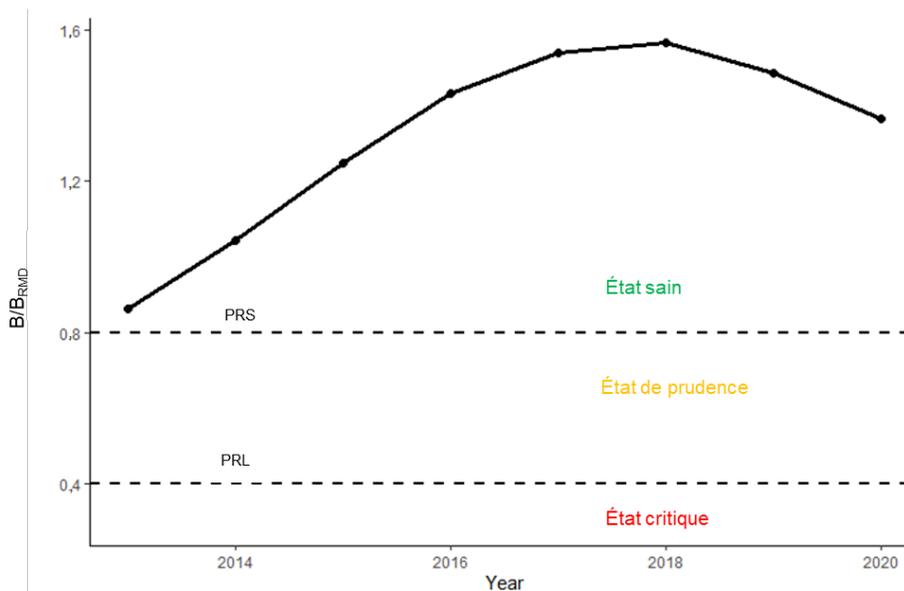


Figure A11. L'état des stocks est fondé sur les estimations du modèle des CRMD en supposant une résilience moyenne pour le buccin dans la sous-division 4Vs. Le point de référence limite (PRL) est basé sur $0,4*B/BRMD$ et $0,8*B/BRMD$ pour le point de référence supérieur (PRS). Diagrammes modifiés de Boudreau (2022).

Tableau A1. Renseignements détaillés sur les modèles pris en compte dans le cadre du buccin.

Méthode	Type	Intrants	Indicateur	Hypothèses	Liste de vérification pour acceptation	Référence
Modèle SPICT	<ul style="list-style-type: none"> Modèle de production excédentaire Méthode fondée sur les captures Estimation des points de référence fondés sur le RMD 	<ul style="list-style-type: none"> Prises Indice de l'abondance Efforts 	B/B _{RMD} F/F _{RMD}	<ul style="list-style-type: none"> Les données sur les prises doivent être représentatives des débarquements et des prises accessoires Les indices de la taille du stock doivent être exprimés en fonction de la biomasse et être représentatifs de la biomasse exploitable du stock. Les indices des CPUE de la pêche commerciale devraient être associés au point médian de l'intervalle des prises correspondantes (milieu de l'année pour les prises et l'effort agrégés) Si la productivité du stock change pour une longue période, le modèle doit être ajusté 	<ul style="list-style-type: none"> Convergence obtenue Paramètres de variance des paramètres du modèle fini Aucune violation des hypothèses du modèle Aucune tendance rétrospective Évaluation de l'incertitude d'évaluation élevée Les valeurs initiales n'ont pas d'influence 	Pederson et Berg 2021 Pederson <i>et al.</i> 2021 Mildenberger <i>et al.</i> 2021
CRMD	<ul style="list-style-type: none"> Modèle de production excédentaire modifié Méthode fondée sur les captures Estimation des points de référence fondés sur le RMD 	<ul style="list-style-type: none"> Prises Valeur ou catégorie de résilience (faible à élevée) <i>A priori</i> de B/k au début, au milieu et à la fin des séries chronologiques 	B/B _{RMD} F/F _{RMD}	<ul style="list-style-type: none"> Les données sur les prises doivent être représentatives des débarquements et des prises accessoires Les <i>a priori</i> correspondent au stock Des <i>a priori</i> fiables sont disponibles pour r, B/k L'effort et la capturabilité sont constants 	<ul style="list-style-type: none"> L'historique des prises est logique Confiance dans les <i>a priori</i> 	Froese <i>et al.</i> 2017

Méthode	Type	Intrants	Indicateur	Hypothèses	Liste de vérification pour acceptation	Référence
CIEM_ basé sur la longueur	<ul style="list-style-type: none"> Indicateurs basés sur la longueur dans les débarquements Les indicateurs sont comparés à des ensembles de points de référence fondés sur la conservation, le rendement et le RMD 	<ul style="list-style-type: none"> Longueur à maturité L_{inf} Prises selon la longueur 	<p>Conservation L_c/L_{mat}; $L_{25\%}/L_{mat}$; $L_{max5\%}/L_{inf}$; p_{mega}</p> <p>Rendement $L_{\text{mean}}/L_{\text{opt}}$</p> <p>RMD $L_{\text{mean}}/L_{F=M}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les conditions d'équilibre sont supposées pour la mortalité totale et le recrutement La sélectivité suit une courbe logistique Distribution unimodale pour LF L'approximation basée sur la longueur pour le RMD est $L_{F=M} = 0.75L_c + 0.25L_{inf}$ <ul style="list-style-type: none"> La longueur du rendement optimal est $L_{opt} = 2/3L_{inf}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Confiance envers L_{inf} et L_{mat} utilisée L'hypothèse $M/K=1,5$ doit être clarifiée Les années des prises choisies sont pour des efforts de pêche similaires (à partir de 2018) 	CIEM 2018
RPR basé sur la longueur	<ul style="list-style-type: none"> Indicateurs basés sur la longueur dans les débarquements Maintien d'un pourcentage du potentiel de frai maximal 	<ul style="list-style-type: none"> Échantillon représentatif de la structure des tailles de la population vulnérable Ratio M/K L_{inf} CV L_{inf} Longueur à maturité 	RPF F/M	<ul style="list-style-type: none"> Supposition des conditions d'équilibre (recrutement constant, mortalité naturelle et pression de la pêche) Croissance ajustée à l'équation de von Bertalanffy Les données sur la composition selon la longueur sont représentatives de la population exploitée à l'état stable. La sélectivité de la pêche commerciale suit une courbe logistique Distribution unimodale pour LF 	<ul style="list-style-type: none"> Confirmation que $M/K=1,5$ est approprié Assurer une distribution unimodale Les années des prises choisies sont pour des efforts de pêche similaires (à partir de 2018) 	<p>Hordyk 2021</p> <p>Hordyk <i>et al.</i> 2015a</p> <p>Hordyk <i>et al.</i> 2015b</p> <p>Hordyk <i>et al.</i> 2016</p>