



Pêches et Océans Fisheries and Oceans
Canada Canada

Sciences

Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2014/083

Région du Golfe

Évaluation de la Conformité avec l'Approche de Précaution des Règles de Décision Relatives au Stock de Crabes des Neiges (*Chionoescetes opilio*) du Sud du Golfe du Saint-Laurent

G. Chaput et
Groupe de travail mixte MPO/Industrie sur les règles de décision
pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent

Pêches et Océans Canada
Région du Golfe
C.P. 5030
Moncton, N.-B.
E1C 9B6

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.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Chaput, G., et Groupe de travail mixte MPO/Industrie. 2014. Évaluation de la conformité avec l'Approche de Précaution des règles de décision relatives au stock de crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) du sud du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2014/083. v + 61 p.

Also available in English :

Chaput, G., and DFO/Industry Joint Working Group. 2014. Evaluation of compliance to the Precautionary Approach of harvest decision rules for the snow crab (*Chionoecetes opilio*) stock of the southern Gulf of St. Lawrence. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/083. v + 57 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCTION	1
CONTEXTE	3
Examen de la biologie, de la terminologie et de la dynamique du crabe des neiges pertinentes pour la discussion des règles de décision.....	3
Terminologie et chronologie de la mue, de la pêche du crabe des neiges, et de l'évaluation... 4	4
Aperçu et évaluation de la pêche du crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent.4	4
Évaluation de l'abondance.....	4
Description des points de référence définis pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.....	5
Définir ce que signifie conformité au cadre d'approche de précaution (AP)	6
Considérations sur le taux d'exploitation dans la zone saine	6
CRITERES POUR COMPARER LES REGLES DE DECISION ET EVALUER LA CONFORMITE AVEC LE CADRE D'AP	7
DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE SIMULATION POUR ÉVALUER LE RENDEMENT RELATIF DES RÈGLES DE DÉCISION.....	8
Processus de simulation.....	9
Recrutements simulés	11
Ce qu'est et ce que n'est pas la simulation de série de recrutement.....	12
DESCRIPTION DES RÈGLES DE DÉCISION EXAMINÉES PAR LE GROUPE DE TRAVAIL	12
Règle par défaut.....	13
Alternatives à la règle par défaut dans la zone de prudence.....	14
Alternatives à la règle par défaut dans la zone saine.....	15
Variantes des structures de règles de décision.....	16
RÉSULTATS DU RENDEMENT DES RÈGLES DE DÉCISION ET DE LEUR CONFORMITÉ AVEC LE CADRE D'AP	18
Analyse des règles de décision	18
Règle linéaire par défaut démontrant les combinaisons et options concernant les règles de trajectoire du stock	18
Sans la variante dépendante de la trajectoire du stock.....	19
Variante dépendante de la trajectoire du stock.....	19
Règle à marches successives dans la zone saine.....	19
Règle proportionnelle dans la zone saine	20
Comparaison des règles de décision.....	21
Règles potentiellement conformes.....	21
Règles entièrement conformes.....	21
Dépendance des résultats à l'égard des hypothèses du modèle	22
CONCLUSIONS.....	22
RÉFÉRENCES CITÉES.....	24

TABLEAU	26
FIGURES.....	37
ANNEXES.....	46

RÉSUMÉ

Ce document de recherche présente les travaux d'un groupe de travail conjoint du MPO et de l'industrie chargé d'élaborer des propositions de stratégies de récolte et de règles de décision pour la pêche au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le Sud du golfe du Saint-Laurent. Les auteurs décrivent des variantes des règles de décision dans lesquelles les taux d'exploitation varient selon la taille du stock dans la zone de prudence et dans la zone saine du cadre de l'approche de précaution (AP). Le rendement des règles proposées est évalué à l'aide d'une série chronologique simulée du recrutement sur 50 ans, laquelle incorpore des erreurs d'observation équivalentes à celles des modèles d'évaluation des stocks actuels. Les auteurs présentent des critères pour l'évaluation de la conformité avec l'AP des propositions de règles de décision relatives aux captures. Le critère principal pour évaluer si une règle est conforme à l'AP est de vérifier s'il y a un risque inférieur à 5 % que le stock tombe sous la B_{lim} en raison des activités de pêche au fil des années dans la simulation plutôt que dans une année particulière. L'examen du rendement des règles candidates a permis de constater que le profil de la règle de décision en matière de captures dans la zone de prudence était le principal facteur déterminant pour ce qui est de la conformité avec l'AP. Au total, douze variantes des règles de décision en matière de captures évaluées par le groupe de travail ont été considérées comme conformes à l'AP. L'évaluation de la conformité des règles de décision proposées a été soumise à un examen par les pairs durant la réunion d'examen scientifique par des pairs du MPO du 29 au 31 janvier 2014. Les conclusions de l'examen scientifique par des pairs au sujet de la conformité à l'AP des règles de décision en matière de captures sont présentées dans l'avis scientifique (MPO 2014).

ABSTRACT

This research document presents the work of a joint DFO-Industry working group tasked with developing candidate harvest strategies and decision rules for the snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery of the southern Gulf of St. Lawrence. Variants of harvest decision rules in which exploitation rate vary with stock size in the cautious zone and in the healthy zone of the Precautionary Approach (PA) framework are described. Performance of the candidate rules are assessed using a simulated time series of recruitments over 50 years that incorporates observation errors equivalent to those from the current stock assessment model. Criteria for assessing compliance of candidate harvest decision rules to the PA are presented. The primary criterion for assessing if a rule is PA compliant is for less than 5% chance of the stock falling below B_{lim} due to fishing activities over all years in the simulation rather than a single fishing year. Examination of performance of candidate rules indicated that the harvest decision rule profile in the cautious zone was the primary determining factor for PA compliance. A total of twelve variants of harvest decision rules examined by the working group were considered to be PA compliant. The assessment of the compliance of candidate decision rules was submitted for peer review at the DFO Science peer review meeting of January 29-31, 2014. The conclusions of the science peer review of compliance of harvest decision rules to the PA are presented in the science advisory report (DFO 2014).

INTRODUCTION

En 2009, Pêches et Océans Canada a publié le [Cadre pour la pêche durable](#) qui fournit la base qui permet de gérer les pêches canadiennes de manière à appuyer la conservation et l'utilisation durable. Ce cadre établit la base d'une approche axée sur les écosystèmes et sur la précaution qui s'applique à la gestion des pêches au Canada. Le cadre comprend un certain nombre de politiques sur la conservation et l'utilisation durable des ressources halieutiques, notamment « [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#) » (ci-après appelée cadre d'AP). Ce cadre décisionnel, ou cadre d'AP, est celui qui est pris en compte dans le présent document dans le contexte de la ressource et de la pêche du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) du sud du golfe du Saint-Laurent.

Le cadre décisionnel pour les pêches (le cadre d'AP) s'applique à la prise de décisions concernant les stratégies de pêche ou les taux de récolte d'un stock, soit une fois l'an, soit à un autre intervalle quelconque, pour déterminer le total autorisé des captures (TAC) ou d'autres mesures de contrôle des pêches. C'est le cas pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent dont la pêche est gérée sur la base d'un TAC fixé annuellement (MPO 2012b).

La chronologie de l'élaboration du cadre d'AP est fournie au sein de Pêches et Océans Canada (MPO 2009). Pratiquer l'approche de précaution (AP) signifie, en général, « faire preuve de prudence lorsque les données scientifiques sont incertaines, peu fiables ou inadéquates et ne pas invoquer le manque de données scientifiques adéquates pour ne pas prendre de mesures visant à éviter un préjudice grave à la ressource ou pour en différer l'adoption » (MPO 2009).

Le cadre décisionnel général pour l'AP comprend trois composantes :

1. Des points de référence et des zones d'état du stock (zone saine, zone de prudence et zone critique) [figure 1].
2. Une stratégie et des règles de décision pour les pêches.
3. La nécessité de tenir compte de l'incertitude et du risque dans l'élaboration de points de référence ainsi que dans l'élaboration et la mise en œuvre de règles de décision.

La composante (1) du cadre a été achevée en ce qui concerne le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent. Les points de référence et les zones d'état du stock dans les unités contenant une biomasse de crabes des neiges mâles adultes de taille commerciale (largeur de carapace supérieure ou égale à 95 mm) ont été déterminés pour l'unité biologique du sud du golfe du Saint-Laurent (MPO 2010, 2012b). Les points de référence pour la biomasse et le taux d'exploitation dans la zone saine ont été déterminés en suivant les directives fournies dans MPO (2009). Dans l'aire de production du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent (57 840 km²), le point de référence limite de la biomasse correspond à 10 000 t de biomasse de crabes mâles adultes reproducteurs de taille commerciale estimée après la pêche, et le point de référence supérieure du stock (constituant la ligne de démarcation entre la zone de prudence et la zone saine) correspond à 41 400 t d'une biomasse semblable évaluée avant la pêche. Le taux d'exploitation de référence dans la zone saine a été défini à 0,346 de la biomasse de crabes mâles adultes reproducteurs de taille commerciale (figure 1, MPO 2012b).

La composante (2) du cadre fait l'objet du présent document.

La composante (3) a été prise en compte pour la définition des points de référence. Elle sera abordée dans le présent document quand il s'agira d'analyser la stratégie de pêche et les règles de décision pour la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.

Le contenu du présent document de travail a été élaboré par un groupe de travail mixte du MPO et de l'industrie (Annexe 1) chargé d'élaborer différentes stratégies de pêche et règles de décision pour la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent, d'évaluer la conformité des règles avec le cadre d'AP et de présenter la liste des règles de décision possibles qui seront étudiées par Gestion des ressources halieutiques du MPO et l'industrie de la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent au cours de la réunion du comité consultatif du crabe des neiges qui se tiendra en février 2014. Il a été convenu que l'évaluation de la conformité des règles de décision proposées serait soumise à un examen par les pairs durant la réunion d'examen scientifique par des pairs du MPO qui se tiendra à la fin du mois de janvier 2014. Le groupe de travail s'est réuni pour la première fois en mars 2013 afin de convenir des principes directeurs et des objectifs de la pêche. Durant la deuxième réunion, le 18 septembre 2013, les éléments des règles de décision ont été décrits, des propositions de règles ont été élaborées et les critères d'évaluation du rendement des règles ont été perfectionnés. Lors de la dernière rencontre en personne, le 6 novembre 2013, les propositions de règles de décision ont été examinées et évaluées par rapport aux critères de conformité au cadre d'AP et les parties se sont mises d'accord sur une liste définitive de règles possibles à faire évaluer à l'examen scientifique par des pairs. L'objectif du présent document est de décrire l'approche utilisée pour évaluer le rendement et la conformité des règles de décision et de passer en revue les règles de décision possibles qui pourraient être examinées au cours de la réunion du comité consultatif du crabe des neiges et prises en considération pour l'établissement des TAC annuels pour la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.

Le document est structuré de la façon suivante :

1. Examen de la biologie, de la terminologie et de la dynamique du crabe des neiges pertinentes pour la discussion des règles de décision.
2. Aperçu de l'évaluation et de la pêche du crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent.
3. Description des points de référence définis pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.
4. Interprétation sur ce que signifie conformité au cadre d'AP.
 - a. Des considérations pour le taux d'exploitation dans la zone saine.
5. Critères pour comparer les règles de décision et évaluer la conformité avec le cadre d'AP.
6. Description de la méthode de simulation pour évaluer la performance relative des règles de décision.
7. Description des règles de décision examinées par le groupe de travail.
8. Résultats des performances des règles de décision et de leur conformité avec le cadre d'AP.
9. Conclusions et incertitudes.

CONTEXTE

EXAMEN DE LA BIOLOGIE, DE LA TERMINOLOGIE ET DE LA DYNAMIQUE DU CRABE DES NEIGES PERTINENTES POUR LA DISCUSSION DES REGLES DE DECISION

La croissance du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) est caractérisée par une mue terminale une fois que le crabe a atteint sa pleine maturité. À ce stade, il ne mue plus et il arrête de grandir (Conan et Comeau 1986). Il faut entre 12 et 14 années à un crabe des neiges mâle pour atteindre sa taille commerciale, soit une largeur de carapace supérieure ou égale à 95 mm.

Dans le sud du golfe du Saint-Laurent, la mue du crabe des neiges s'opère de décembre à avril, avant la saison de pêche (Watson 1972, Conan *et al.* 1988, Sainte-Marie *et al.* 1995, Benhalima *et al.* 1998, Hébert *et al.* 2002). En règle générale, les crabes muent tous les ans, quoique cela ne soit pas le cas pour certains individus, appelés individus ayant sauté une mue jusqu'à ce qu'ils atteignent la phase adulte après une mue finale ou « terminale » (Conan et Comeau 1986). Au moment de la mue terminale, les mâles atteignent des tailles comprises entre 40 mm et 150 mm de largeur de carapace, les femelles étant plus petites avec une largeur de carapace comprise entre 30 mm et 95 mm (Conan et Comeau 1986).

Après la mue, les crabes ont une carapace molle et sont gorgés d'eau. Il faut environ de 8 à 10 mois pour que la carapace molle d'un mâle adulte durcisse (Hébert *et al.* 2002) et un an pour atteindre un rendement en chair maximal (Dufour *et al.* 1997).

Après la mue terminale, l'espérance de vie d'un mâle est d'environ sept ans et la période durant laquelle il est à une condition corporelle maximale (dureté de la carapace et teneur en muscle) est de deux à trois ans (Fonseca *et al.* 2008). Toutefois, l'apparence et l'intégrité du corps peuvent diminuer de façon constante après la mue terminale en raison de l'engraissement de l'exosquelette et de la perte de membres (Conan et Comeau 1986, Sainte-Marie *et al.* 1995, Comeau *et al.* 1998, Fonseca *et al.* 2008). L'espérance de vie d'une femelle après la mue terminale est d'environ quatre à six ans (Sainte-Marie *et al.* 2008).

Les femelles qui arrivent à maturité et qui s'accouplent pour la première fois, femelles primipares, subissent leur mue terminale entre décembre et avril et s'accouplent immédiatement après, alors que leur carapace est encore souple (Watson 1969, Moriyasu et Conan 1988). Le terme femelles multipares est employé pour qualifier les femelles reproductrices multifraie (qui en sont à leur deuxième éclosion ou plus) dont la saison d'accouplement dure de la fin du mois de mai au début du mois de juin, après l'éclosion des œufs (Conan et Comeau 1986, Moriyasu et Conan 1988, Sainte-Marie et Hazel 1992, Moriyasu et Comeau 1996, Sainte-Marie *et al.* 1999). Les femelles matures du sud du golfe du Saint-Laurent portent normalement leurs œufs durant deux ans sous leur abdomen (Mallet *et al.* 1993, Moriyasu et Lanteigne 1998).

La dynamique de la reproduction du crabe des neiges est complexe et implique que les unions des couples s'opèrent à l'issue d'une intense compétition entre les mâles pour trouver des partenaires auxquelles s'accoupler, mais aussi entre les femelles (dans certaines circonstances). Les mâles assurent la garde des femelles après l'accouplement et les grands mâles assurent la garde des femelles plus longtemps que les petits mâles.

Les mâles adultes à carapace molle ne peuvent participer aux activités de reproduction durant l'année qui suit leur mue terminale (Conan *et al.* 1988, Moriyasu *et al.* 1988).

Terminologie et chronologie de la mue, de la pêche du crabe des neiges, et de l'évaluation

Les mâles adultes à carapace molle (conditions de carapace 1 et 2) de taille réglementaire observés durant la pêche sont qualifiés de crabes à carapace molle ou de crabes blancs (Hébert *et al.* 2013). Lorsqu'ils sont échantillonnés dans le relevé d'évaluation de l'année, ces stades de crabes sont qualifiés de recrutement (figure 2). La carapace va durcir durant l'automne et l'hiver et les crabes seront en mesure d'entrer dans la compétition pour les femelles et de s'accoupler durant l'hiver ou le printemps suivant. Ils sont alors ajoutés à la biomasse des reproducteurs à compter du 1^{er} janvier de l'année + 1 (figure 2). Leur carapace ayant durci (condition de carapace 3), ils deviendront commercialisables et feront partie de la biomasse commerciale pour la pêche de l'année + 1. Les crabes des neiges mâles adultes de taille commerciale avec une carapace dure (conditions de carapace 3 à 5) mesurés durant le relevé sont qualifiés de biomasse résiduelle, ou de biomasse résiduelle des reproducteurs, de l'année (figure 2). La somme de la biomasse du recrutement et de la biomasse résiduelle telles qu'elles sont mesurées dans le relevé de l'année y est égale à la biomasse commerciale pour la pêche de l'année y + 1 (figure 2).

Aperçu et évaluation de la pêche du crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

Le crabe des neiges est exploité commercialement dans le sud du golfe du Saint-Laurent depuis le milieu des années 1960. Pour capturer les crabes, on utilise des casiers appâtés déposés principalement sur les fonds vaseux ou de sable mêlé de vase à des températures variant entre -0,5 °C et 4,5 °C et à des profondeurs variant entre 50 m et 280 m. La gestion de la pêche s'effectue sur la base de quotas (par zone de gestion et répartis entre les titulaires de permis) et par des contrôles de l'effort de pêche (nombre de permis, allocations de casiers, dimensions des casiers et saisons de pêche) (Hébert *et al.* 2013). Le débarquement des femelles est interdit et seuls les mâles à carapace dure dont la largeur de carapace est supérieure ou égale à 95 mm sont exploités commercialement. Les mâles à carapace molle n'ont qu'une faible valeur commerciale en raison de leur moindre teneur en muscle et ils peuvent être rejetés à la mer. Les détails sur la pêche sont donnés dans Hébert *et al.* (2014).

La pêche du crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent commence dans les zones de pêche du crabe des neiges 12, 12E et 12F dès que celles-ci sont libres de glaces, entre fin avril et début mai, et elle se termine à la mi-juillet ou plus tôt lorsque le quota est capturé. La pêche se déroule durant la période reproductive du crabe des neiges. Dans la zone 19, la saison de pêche commence en juillet et se termine à la mi-septembre ou plus tôt lorsque le quota est capturé.

Les débarquements de la pêche entre 1998 et 2012 ont varié de 9 549 t en 2010 à un maximum de 36 118 t en 2005 (tableau 1). Les taux d'exploitation, exprimés comme le rapport des débarquements sur l'estimation de la biomasse commerciale de l'année précédente, ont varié de 20,8 % en 1998 à 45 % en 2008 (tableau 1).

Évaluation de l'abondance

L'évaluation du crabe des neiges permettant de formuler un avis sur les captures est fondée sur un relevé indépendant de la pêche effectué au chalut de fond qui couvre la partie du sud du golfe pouvant être habitée par les crabes des neiges (Hébert *et al.* 2014). Bien que le relevé au chalut de fond ait débuté en 1988, il y a eu au fil du temps d'importants changements dans la couverture du relevé et l'intensité de l'échantillonnage. À la suite d'une réunion cadre sur les méthodes d'évaluation du crabe des neiges du sud du golfe, une série chronologique normalisée commençant en 1997 a été acceptée aux fins d'évaluation du stock, l'élaboration de

points de référence et la formulation d'un avis sur les captures (tableau 1) (MPO 2012a ; Hébert *et al.* 2014). La courte série chronologique des abondances estimées et les années (de 12 à 14) nécessaires pour que les crabes des neiges atteignent leur taille commerciale signifient que les estimations de recrutement de crabes des neiges entre 1997 et 2009-2011 sont majoritaires par rapport à la pêche et aux stocks reproducteurs des années non évaluées (de 1983 jusqu'à 2000 au plus).

L'estimation de la biomasse de crabes des neiges mâles adultes faite à partir du relevé a varié d'un minimum de 30 920 t (plage de l'intervalle de confiance de 95 % s'étendant de 27 237 t à 34 959 t) en 2009 à un maximum de 103 429 t (plage de l'intervalle de confiance de 95 % s'étendant de 91 029 t à 117 036 t) en 2004 (tableau 1). Les estimations de la biomasse totale tirées du relevé sont assez précises, les coefficients de variations annuels variant de 5,2 % à 11,6 %, avec une moyenne de 7,6 % pour la série chronologique (tableau 1). Les estimations annuelles de la biomasse du recrutement sont moins précises, variant de 8,2 % à 25,7 %, avec une moyenne de 13,5 % pour la série chronologique (tableau 1).

DESCRIPTION DES POINTS DE REFERENCE DEFINIS POUR LE CRABE DES NEIGES DU SUD DU GOLFE DU SAINT-LAURENT

Les points de référence, conformes à l'approche de précaution (MPO 2009) ont d'abord été définis pour l'unité biologique du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent en 2010, en se fondant sur une évaluation de la biomasse de crabes des neiges commercialement exploitables sur une zone de 44 302 km² de superficie (MPO 2010). À la suite d'un examen du cadre scientifique des méthodes d'évaluation du crabe des neiges à l'automne 2011 (MPO 2012a), il a été recommandé que l'abondance du crabe des neiges de l'unité biologique du sud du golfe du Saint-Laurent soit évaluée dans un polygone de 57 840 km² de superficie. Les points de référence modifiés tenant compte des changements des valeurs de la biomasse associés au changement de la surface du polygone ont été déterminés (MPO 2012b) en utilisant la même approche qu'au MPO (2010).

L'estimation de la valeur de B_{RMS} a été consignée à 50 % de la biomasse maximale au cours d'une période productive déterminée comme la période d'évaluation de 1997 à 2008 (tableaux 1 et 2). La valeur de biomasse maximale durant cette période a été estimée à 103 400 t en 2004 et la valeur de B_{RMS} est égale en conséquence à 51 700 t (figure 1, tableau 2, MPO 2012b).

Conformément au MPO (2010), le point de référence supérieur du stock (B_{NRS}) a été estimé à 80 % de la valeur de B_{RMS} dont 41 400 t de crabes mâles adultes de taille commerciale de toutes les conditions de carapace selon l'estimation du relevé au chalut (MPO 2012b). Ces crabes seront considérés comme des crabes mâles adultes à carapace dure de taille commerciale à compter du 1^{er} janvier de l'année suivant le relevé au chalut.

Le point de référence limite pour l'état du stock a été déterminé comme la biomasse minimale du crabe mâle adulte à carapace dure de taille commerciale (estimation après la pêche tirée du relevé au chalut), qui a entraîné des taux de recrutement de crabes juvéniles de stade VIII satisfaisants (MPO 2010). La valeur du B_{lim} a été estimée à 10 000 t et a été mesurée en 2000 (MPO 2012b, tableau 1).

L'estimation de F_{RMS} correspond au taux d'exploitation moyen au cours de la période productive utilisée pour effectuer une estimation de la B_{RMS} . La valeur du F_{lim} a été calculée à 0,346, soit le taux d'exploitation moyen (récolte de l'année t divisée par la biomasse de l'année t-1 estimée à partir du relevé au chalut) au cours de la période de pêche s'étendant de 1998 à 2009 (tableau 2, MPO 2012b).

Les autres valeurs de référence pouvant susciter l'intérêt déterminées par le groupe de travail dans l'élaboration des propositions de règles de décision sont présentées dans le tableau 2.

DEFINIR CE QUE SIGNIFIE CONFORMITE AU CADRE D'APPROCHE DE PRECAUTION (AP)

La politique concernant l'approche de précaution (MPO 2009) n'est pas claire quand il s'agit de définir les conditions nécessaires pour que les stratégies de pêche et les règles de décision concernant la pêche soient conformes avec la politique. De façon générale, si le stock est dans la zone critique, les prélèvements par toutes les pêches doivent être maintenus au plus bas niveau possible. Si le stock est dans la zone de prudence, la règle de décision pour la pêche doit prévoir un ajustement du taux d'exploitation en fonction de la position du stock à l'intérieur de la zone de prudence et les conditions ci-dessous s'appliquent :

- le taux d'exploitation doit être progressivement ajusté pour éviter que le stock ne tombe dans la zone critique,
- la tolérance au risque de déclin évitable du stock variera de très faible à moyenne en fonction de la position du stock à l'intérieur de la zone de prudence (MPO 2009), et
- des mesures de gestion doivent arrêter le déclin et favoriser la croissance du stock jusqu'à la zone saine.

Quand le stock est dans la zone saine, le taux d'exploitation ne doit pas excéder le taux défini correspondant à F_{RMS} et les mesures de gestion doivent contrer une tendance au déclin vers la zone de prudence (MPO 2009).

En nous fondant sur ces principes généraux, nous avons proposé les critères suivants pour évaluer si les règles de décision sont conformes au cadre d'AP.

- La probabilité que le stock tombe dans la zone critique ou qu'il y reste en raison de l'exploitation par la pêche doit être très faible (inférieure ou égale à 5 %).
- Lorsque le stock est dans la zone de prudence, le taux d'exploitation doit être ajusté de telle manière que le stock ne décline pas davantage (et reste dans la zone de prudence) ou qu'il repasse dans la zone saine.
- Dans la mesure du possible, il faut conserver le stock dans la zone saine. Cela veut dire que le taux d'exploitation ajusté à l'état du stock et le taux d'exploitation en fonction d'un état du stock donné pourraient être différents selon les conditions pour lesquelles le recrutement décline ou augmente d'une année à l'autre.

Considérations sur le taux d'exploitation dans la zone saine

Quelques-unes des propositions de règles de décision présentées dans le présent document comprennent des options pour le taux d'exploitation dans la zone saine qui excèdent le taux d'exploitation de référence maximum (0,346) déterminé actuellement pour le stock de crabes des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent. En cas d'adhésion stricte à la politique de l'approche de précaution, cela constituerait une violation des principes de cette politique. Il est donc nécessaire de justifier l'étude de ces options pour le stock de crabes des neiges.

La valeur de F_{RMS} (F_{lim}) déterminée pour le stock du sud du golfe du Saint-Laurent est une valeur approximative fondée sur la moyenne des prélèvements réalisés par la pêche durant une période tenue pour avoir été productive et qui a été utilisée pour déterminer la valeur de la B_{RMS} (MPO 2010). Les taux d'exploitation de ces années-là n'avaient pas été déterminés en fonction de la prise en compte de dynamique de recrutement du stock, mais plutôt négociés annuellement avec l'industrie. L'utilisation d'une valeur moyenne pour la même période que

celle utilisée pour déterminer la valeur de B_{RMS} était donc tout simplement pratique. Comme en fait état MPO (2010, 2012b), on ne sait pas si la moyenne de la biomasse durant la période allant de 1997 à 2008 est une bonne valeur approximative pour la B_{RMS} , puisque le recrutement de grands mâles de mue terminale de ces niveaux de biomasse n'a été mesuré que dans le cadre de quelques classes annuelles à ce jour.

Lorsque les crabes des neiges atteignent leur maturité, ils subissent une mue terminale. Après celle-ci, les crabes arrêtent de grandir et de grossir. Cela contraste avec de nombreuses autres espèces de crustacés, comme le homard, et de poissons, dont les individus continuent généralement à grandir quand ils vieillissent, même après avoir atteint leur maturité. Pour ces espèces, il peut être avantageux de réduire l'exploitation, car la contribution des individus plus vieux à la biomasse reproductrice est plus importante à mesure qu'ils vieillissent et qu'ils grandissent. En ce qui concerne le crabe des neiges, la biomasse reproductrice des mâles adultes ne peut augmenter d'une année à l'autre qu'avec les nouveaux recrutements, car il n'y a pas d'augmentation annuelle de la biomasse des individus ayant subi leur mue terminale. De plus, l'espérance de vie des crabes ayant subi leur mue terminale est limitée à sept ans au maximum.

Bien qu'il soit admis que tous les crabes mâles adultes ont de la valeur pour la reproduction, on ne peut écarter la valeur intrinsèque particulière des grands crabes mâles adultes (largeur de carapace égale ou supérieure à 95 mm) pour le recrutement futur, et particulièrement celle du phénotype du grand mâle (MPO 2010). Il existe de nombreuses considérations biologiques et halieutiques pour déterminer une valeur du taux d'exploitation dans la zone saine qui excède la valeur approximative de F_{RMS} déterminée actuellement. Les grands crabes des neiges mâles adultes ont de la valeur sur le plan biologique et halieutique. La pêche ne cible que les grands crabes des neiges mâles adultes dont la largeur de carapace est égale ou supérieure à 95 mm, et la valeur économique est plus élevée pour les crabes des neiges à la carapace dure et propre qui ont subi leur mue terminale deux ou trois ans auparavant.

Dans ce contexte, les taux d'exploitation variables dans la zone saine qui dépassent le taux d'exploitation actuellement déterminé au MPO (2010, 2012b) pourraient être conformes au cadre d'AP et ont été envisagés dans les propositions de règles de décision.

CRITERES POUR COMPARER LES REGLES DE DECISION ET EVALUER LA CONFORMITE AVEC LE CADRE D'AP

L'évaluation de la performance des règles de décision relatives aux conditions déterminées dans la politique d'approche de précaution a tenu compte des aspects liés à la conservation et à l'utilisation de la ressource.

Si l'on se fonde sur la politique d'approche de précaution, la probabilité que le stock tombe dans la zone critique devrait être très faible (MPO 2009). La performance des règles de décision a été quantifiée pour les critères suivants (tableau 3) :

- Nombre d'années pour lesquelles la biomasse résiduelle (biomasse des reproducteurs après la pêche) serait inférieure à la valeur du B_{lim} avec $P > 0,05$.
- Nombre d'années durant lesquelles la pêche a été ouverte et que la biomasse résiduelle (biomasse des reproducteurs après la pêche) soit inférieure à la valeur du B_{lim} durant l'année de pêche, avec $P > 0,05$.
- Combinaisons de changements annuels dans l'indicateur de l'état du stock dans les zones concernées par l'approche de précaution, comme :

-
- Nombre d'années durant lesquelles l'estimation ponctuelle de la biomasse commerciale pour l'année de pêche commence dans la zone saine, dans la zone de prudence ou dans la zone critique et demeure dans cette zone.
 - Nombre d'années durant lesquelles la biomasse commerciale pour l'année de pêche commence dans la zone saine ou dans la zone de prudence et décline l'année de pêche suivante dans une zone inférieure (de prudence, critique).
 - Nombre d'années durant lesquelles la biomasse commerciale pour l'année de pêche commence dans la zone critique ou dans la zone de prudence et augmente l'année de pêche suivante dans une zone supérieure (de prudence, saine).

De manière à prendre en compte les facteurs socio-économiques, les résultats ci-dessous ont été calculés pour chaque règle de décision (tableau 3) :

- Somme des TAC et des TAC annuels moyens pour les années quand la pêche était ouverte, propre à la règle de décision.
- Nombre d'années durant lesquelles la pêche est fermée ou que le TAC est inférieure à un seuil déterminé en fonction des facteurs socio-économiques.
- Pourcentage moyen de la biomasse commerciale pour la pêche constituée de la biomasse de recrutement (carapace dure et propre de condition 3).

DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE SIMULATION POUR ÉVALUER LE RENDEMENT RELATIF DES RÈGLES DE DÉCISION

La performance des règles de décision est évaluée par la simulation d'une séquence de décisions concernant la biomasse commerciale et le TAC sur un grand nombre d'années. En résumé, la simulation et l'analyse des règles de décision sont effectuées de la manière indiquée ci-dessous (pour plus de clarté, toutes les références à la biomasse commerciale, à la biomasse du recrutement, à la biomasse résiduelle et aux débarquements concernent les crabes des neiges mâles adultes ayant effectué leur dernière mue et dont la largeur de carapace est supérieure ou égale à 95 mm). À partir d'une année de départ et d'une estimation de la biomasse commerciale, le TAC est sélectionné en fonction de la règle de décision prise en compte. La biomasse résiduelle est ensuite calculée en fonction de l'estimation de la biomasse commerciale disponible pour la pêche, moins les pertes de crabes qui ne sont pas dues à la pêche, et en supposant que le TAC est atteint. Le recrutement estimé ou simulé est ensuite ajouté à la biomasse résiduelle et le total représente la biomasse commerciale disponible pour l'année de pêche suivante. Les intrants nécessaires pour ces analyses comprennent : 1) l'estimation de la biomasse commerciale de la première année, 2) une estimation du taux de perte avant la pêche, 3) une séquence de valeurs de la biomasse du recrutement des années suivantes.

Les estimations de la biomasse commerciale (biomasse résiduelle plus biomasse du recrutement) pour le sud du golfe ont varié d'un minimum de 30 920 t à un maximum de 103 429 t entre 1997 et 2012 (tableau 1). L'erreur d'observation rattachée à l'estimation de la biomasse commerciale, exprimée comme étant le coefficient de variation, était de 8,8 % en 1997 et elle a varié de 5,2 % à 11,6 % durant la série chronologique 1997-2012 (tableau 1).

La biomasse du recrutement (crabes mâles adultes de taille commerciale de conditions de carapace 1 et 2) telle qu'estimée par le relevé a varié d'un minimum de moins de 21 000 t en 2009 et 2010 à un maximum de 84 000 t en 2004 (tableau 1). Le recrutement du crabe des neiges a été caractérisé par des oscillations et, en ce qui concerne le stock du sud du golfe, les

valeurs du recrutement ont été séparées par une période de 10 à 12 ans (tableau 1). Étant donné qu'il faut de 10 à 12 ans à un crabe des neiges pour être recruté au stade mâle adulte de taille commerciale dans le sud du golfe, les recrutements mesurés dans la série chronologique ont été le résultat des biomasses des reproducteurs (mâles et femelles) dont les valeurs n'ont pas été estimées par un modèle accepté (MPO 2012a). Les estimations de la biomasse du recrutement tirées du relevé comportent des erreurs d'observation (exprimées comme coefficient de variation – CV) qui varient de 8,2 % à 25,7 % durant la série chronologique (tableau 1).

Entre le relevé de l'année 1 et celui de l'année 2, il y a des pertes de biomasse commerciale qui ne sont pas attribuables aux débarquements signalés. Cette différence (nommée mortalité non provoquée par la pêche) pourrait être attribuée à de nombreux facteurs dont l'erreur d'attribution du recrutement et des catégories de crabes résiduelles dans le relevé, les variations dans les estimations tirées du relevé, la mortalité naturelle, les mortalités attribuables aux pêches non dirigées ainsi que les déplacements des crabes entrant ou sortant de la zone d'échantillonnage (Hébert *et al.* 2014). La proportion perdue d'une année à l'autre est calculée comme étant :

$$ResB_{y+1} = BC_y * (1 - Perte_{y+1}) - Débarquement_{y+1}$$

avec

BC_y = estimation de la biomasse commerciale dans le relevé de l'année y

$ResB_{y+1}$ = estimation de la biomasse résiduelle dans le relevé de l'année $y + 1$

Les estimations moyennes de la proportion de la biomasse disponibles pour la pêche (1–perte) ont varié de 0,58 à 0,82 durant la série chronologique.

PROCESSUS DE SIMULATION

Une simulation de type Monte Carlo a été utilisée afin d'intégrer les erreurs d'observations rattachées à l'évaluation. Au total, 5 000 simulations ont été effectuées pour évaluer le rendement des règles de décision. Étant donné que nous étions intéressés par le rendement relatif des règles, nous avons utilisé les mêmes 5 000 prélèvements de type Monte Carlo des variables pertinentes. Les variables pour lesquelles les valeurs avaient été déterminées pour toutes les règles étaient :

- les 5 000 valeurs estimées pour la biomasse commerciale pour la première année de la simulation,
- les 5 000 valeurs de la proportion de la biomasse commerciale qui est perdue avant la pêche pour toutes les années, et
- les 5 000 valeurs de la biomasse du recrutement qui varient selon l'année.

On a supposé une distribution log-normale pour les estimations de l'évaluation de la biomasse commerciale (BC) et de la biomasse du recrutement ($RecB$) [tableau 1].

$$BC_y \sim LN(\tilde{\mu}_{BC,y}, \tilde{\sigma}_{BC,y}^2)$$

$$RecB_y \sim LN(\tilde{\mu}_{RecB,y}, \tilde{\sigma}_{RecB,y}^2)$$

avec

$$\tilde{\mu}_{.,y} = \ln \mu_{.,y} - \frac{\tilde{\sigma}_{.,y}^2}{2}$$

$$\tilde{\sigma}_{.,y}^2 = \ln\left(\frac{\sigma_{.,y}^2}{\mu_{.,y}^2} + 1\right)$$

et $\mu_{.,y}$ et $\sigma_{.,y} = \mu_{.,y} * CV_{.,y}$ tirés du tableau 1 pour les années 1997 à 2012.

Toutes les simulations ont commencé par l'estimation de la biomasse commerciale tirée du relevé au chalut de 1997 (65 310 t avec un CV de 8,8 %, tableau 1). Un vecteur de 5 000 valeurs de la biomasse commerciale avec erreur d'observation a été généré en supposant une distribution log-normale.

Un vecteur de 5 000 valeurs du paramètre du taux de perte (1-perte) a été généré à partir du modèle prévisionnel de recrutement selon les stades biologiques élaboré par Surette et Wade (2006), mis à jour par Wade *et al.* (2014), qui prend en compte les erreurs d'observation de la biomasse commerciale et les estimations résiduelles tirées de l'évaluation. La distribution des 5 000 valeurs, fondée sur la valeur moyenne des cinq années les plus récentes, est normale avec une moyenne de 0,28 et un intervalle de confiance à 90 % qui varie entre 0,18 et 0,38.

La biomasse du recrutement a été estimée pour les années d'évaluation 1998 à 2012 (tableau 1). En ce qui concerne ces années, 5 000 valeurs ont été générées, fondées sur la moyenne et le CV des estimations du relevé (tableau 1, figure 3).

Les estimations de la biomasse résiduelle après la pêche des années 1998 à 2012 et les estimations de la biomasse commerciale tirées du relevé pour les années 1998 à 2012 ont été calculées sur la base de la proportion de la biomasse disponible avant la pêche et du total autorisé des captures (TAC) tel que déterminé par la règle de décision à l'étude. Plus précisément, le processus dynamique a été modélisé de la manière suivante :

Pour les années = 1998 à 2012

$$\begin{aligned} TAC_y &= \overline{BC}_{y-1} * TE_y \\ \overline{ResB}_y &= \overline{BC}_{y-1} * (1 - \overline{Perte}) - TAC_y \\ \overline{BC}_y &= \overline{ResB}_y + \overline{RecB}_y \end{aligned}$$

avec

$$\begin{aligned} TAC_y &= \text{contingent à la pêche de l'année } y \\ \overline{BC}_y &= \text{moyenne de la biomasse commerciale de l'année } y \\ TE_y &= \text{taux d'exploitation selon la règle de décision et } \overline{BC}_{y-1} \\ \overline{ResB}_y &= \text{moyenne de la biomasse résiduelle de l'année } y \\ \overline{Perte} &= \text{moyenne de la perte de la biomasse commerciale avant la pêche} \\ \overline{RecB}_y &= \text{moyenne de la biomasse du recrutement de l'année } y \end{aligned}$$

Les 5 000 simulations de type Monte Carlo sont utilisées pour modéliser les erreurs d'observation rattachées à l'évaluation et pour évaluer la conformité du cadre d'AP des règles de décision à l'approche de précaution.

Pour $s = 1$ à 5 000 :

$$\begin{aligned} BC_{y-1,s} &\sim LN(\overline{BC}_{y-1}, \tilde{\sigma}_{BC,y-1}^2) \\ ResB_{y,s} &= BC_{y-1,s} * (1 - Perte_s) - TAC_y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
RecB_{y,s} &\sim LN(\overline{RecB}_y, \tilde{\sigma}_{RecB,y}^2) \\
BC_{y,s} &= ResB_{y,s} + RecB_{y,s} \\
P.Crit_{y,s} &= 1 \text{ si } (ResB_{y,s} \leq B_{lim}) \\
Crit_{y,s} &= 1 \text{ si } (BC_{y,s} \leq B_{lim}) \\
Prud_{y,s} &= 1 \text{ if } (B_{lim} < BC_{y,s} < B_{NRS}) \\
Saine_{y,s} &= 1 \text{ si } (BC_{y,s} \geq B_{NRS})
\end{aligned}$$

Pour l'année 1997, les valeurs de type Monte Carlo de la biomasse commerciale ont été déterminées en utilisant les valeurs de déviation moyennes et normalisées (σ) tirées de l'évaluation (tableau 1).

$$BC_{1997,s} \sim LN(11.083, 0.0876^2)$$

De 1998 à 2012, on a utilisé une déviation normalisée (sur l'échelle logarithmique) de 0,10 pour les estimations de la biomasse commerciale, par exemple,

$$BC_{y,s} \sim LN(\overline{BC}_y, 0.10^2)$$

La déviation normalisée moyenne (échelle logarithmique) tirée des évaluations de 1998 à 2012 est égale à 0,076 et elle varie entre un minimum de 0,051 et un maximum de 0,115.

En ce qui concerne la série chronologique des recrutements des années 1998 à 2012, on a utilisé les valeurs de déviation moyennes et normalisées (tableau 1).

Recrutements simulés

Les estimations des valeurs du recrutement pour la période allant de 1997 à 2012 se situaient à des niveaux qui, avant la pêche, plaçaient la biomasse commerciale dans la zone saine pour 14 des 16 années évaluées et dans la zone de prudence (biomasse inférieure à 41 400 t) pour les deux autres années évaluées (tableau 1, figure 1). Nous étions intéressés par l'évaluation du rendement des règles de décision durant les phases de recrutement du stock faibles surtout, mais également durant les phases de recrutement élevé. En ce qui concerne les années 2013 à 2047, nous avons simulé une série de recrutements pour imiter la périodicité de dix ans environ séparant deux abondances maximales du crabe. Les valeurs moyennes ont été délibérément abaissées dans la première moitié de la série de simulations, puis augmentées dans la deuxième moitié afin d'étudier le rendement des règles de décision pour une vaste gamme de niveaux de recrutement (figure 3). Une série chronologique artificielle de recrutements avec des incertitudes liées aux observations (figure 3) a été, en particulier, générée de la manière suivante :

- Le recrutement moyen prévu pour 2013 est fourni par le modèle de prévision des stades biologiques de Wade *et al.* (2014).
- Comme indiqué ci-dessus, on a observé la dynamique du recrutement du crabe des neiges dans le sud du golfe afin d'en suivre les oscillations sur une période d'environ 10 à 12 ans (tableau 1, figure 3). Les recrutements suivants pour les années 2014 à 2047 (34 ans) ont été modélisés en supposant une périodicité de 10 ans (entre deux maximums et entre deux minimums). Cela a été réalisé en établissant que le recrutement moyen de l'année y était la moyenne des recrutements des années $y-11$ à $y-9$.
- Entre 2014 et 2022, le recrutement moyen a été délibérément réduit à des niveaux inférieurs aux valeurs moyennes de la période précédente (c.-à-d. de $y-11$ à $y-9$).

- Entre 2023 et 2047, le recrutement moyen a été délibérément augmenté jusqu'à des niveaux supérieurs aux valeurs moyennes de la période précédente.
- Pour modéliser l'incertitude dans le recrutement mesuré dans l'évaluation des recrutements de 2013 à 2047, on a utilisé l'erreur d'observation moyenne (échelle logarithmique) de la série chronologique des estimations de recrutement (1998 à 2012), c.-à-d.

$$RecB_{y,s} \sim LN(\widehat{RecB}_y, 0.132^2)$$

- Comme cela avait été le cas pour les valeurs de la biomasse commerciale pour l'année initiale et pour les valeurs du taux de perte, une fois qu'une série des 5 000 prélèvements de type Monte Carlo a été achevée en ce qui concernait les recrutements annuels, ceux-ci ont été fixés pour toutes les évaluations des propositions de règles de décision.

Les analyses ont été effectuées en utilisant des fonctions d'analyse et de récapitulation programmées dans des feuilles de calcul Excel. Excel a été choisi, de préférence à d'autres plateformes, parce qu'il est très répandu, intensivement utilisé et que, une fois que les fonctions analytiques étaient programmées, les feuilles de calcul pouvaient être utilisées par les membres du groupe de travail pour étudier les propositions de règles de décision.

Ce qu'est et ce que n'est pas la simulation de série de recrutement

L'hypothèse décrite dans MPO (2010) est qu'il doit y avoir une valeur intrinsèque du phénotype du grand mâle adulte pour le recrutement de ce phénotype dans les générations suivantes. La dynamique de stock et de recrutement n'est pas modélisée dans les simulations de séries chronologiques de recrutement. Le lien concernant le stock et le recrutement entre l'estimation de l'abondance de la biomasse des mâles adultes reproducteurs de taille commerciale et le recrutement des crabes mâles adultes n'a été montré dans aucun des stocks de crabes des neiges. Par conséquent, les simulations de recrutement ne représentent pas la trajectoire prévue pour le stock de crabes des neiges. Il en est de même pour l'analyse des règles de décision, et, en particulier, un jugement sur les règles conformes au cadre d'AP fondées sur nos critères indique quel sera le rendement du stock à l'avenir. En l'absence de la démonstration d'une dynamique de stock et de recrutement, nous avons voulu établir un contraste entre le rendement relatif des propositions de règles de décision et le recrutement identique des séries chronologiques et, particulièrement, le rendement des règles pour une gamme d'abondances de recrutement qui pourraient se produire, et notamment pour des états de faible recrutement.

En l'absence de pêche, la biomasse commerciale des crabes des neiges évolue en fonction des variations du recrutement dans les simulations (figure 4). En dépit des faibles moyennes de recrutement simulées pour 2017 jusqu'à 2020 (les valeurs moyennes variant entre 4 300 t et 6 800 t) et de nouveau de 2026 jusqu'à 2030 (les valeurs moyennes variant entre 4 200 t et 9 400 t), la biomasse résiduelle reste supérieure à la valeur du B_{lim} pour toutes les années ($P > 0,95$) et la biomasse commerciale demeure dans la zone saine pour 45 des 50 années (demeure dans la zone de prudence une année, passe de la zone saine à la zone de prudence en deux ans, passe de la zone de prudence à la zone saine en deux ans) (figure 4).

DESCRIPTION DES RÈGLES DE DÉCISION EXAMINÉES PAR LE GROUPE DE TRAVAIL

Les trois zones du cadre décisionnel pour l'AP sont déterminées par les points de référence propres au stock de crabes des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent : le point de référence limite de la biomasse (B_{lim}) de 10 000 t et le point de référence supérieur de la biomasse du

stock (B_{NRS}) de 41 400 t (figure 1). Un taux d'exploitation de référence maximum (F_{lim}) de 0,346 a également été déterminé (tableau 2).

Les règles de décision pour la pêche ont des caractéristiques communes dans chacune des trois zones du cadre d'AP (MPO 2009). Quand le stock est dans la zone critique, le taux de récolte (qui prend en compte toutes les sources de prélèvement) doit être maintenu au strict minimum. Dans la zone de prudence, le taux d'exploitation diminue à mesure que le stock décline de la zone saine vers la zone critique. Le taux d'exploitation dans la zone saine est à sa valeur maximale quand le niveau de l'état du stock est supérieur ou égal à la valeur de B_{NRS} .

À l'intérieur des zones, le taux de référence peut varier selon que le recrutement augmente ou diminue.

Toutes les règles de décision examinées par le groupe de travail sont de forme linéaire, c'est-à-dire que les taux d'exploitation varient de manière linéaire entre les points d'inflexion. Toutes les propositions de règles de décision sont déterminées par des points d'inflexion avec des valeurs le long de l'axe de l'état du stock et de l'axe du taux d'exploitation du diagramme de référence du cadre d'AP (tableau 2). Les propositions de règles de décision ont un certain nombre de caractéristiques générales, ce qui fait qu'en modifiant quelques paramètres, une vaste gamme de règles peuvent être déterminées et évaluées.

Le groupe de travail a examiné de nombreuses structures de règles de décision qui différaient dans le nombre et les valeurs des points d'inflexion en fonction des propositions des participants. Les propositions comprenaient des points d'inflexion dans la zone de prudence et des points d'inflexion dans la zone saine.

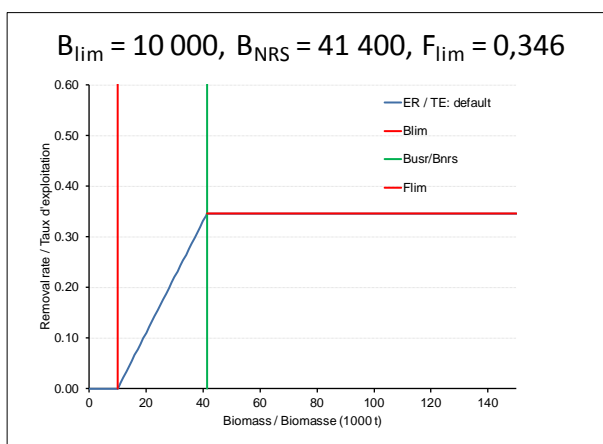
REGLE PAR DEFAUT

La règle par défaut utilise les points de référence déterminés pour le stock de crabes des neiges. Le taux d'exploitation (TE) augmente de manière linéaire dans la zone de prudence à partir d'une valeur de ER_{crit} (taux d'exploitation dans la zone critique) lorsque la biomasse commerciale (BC) est inférieure ou égale à B_{lim} (10 000 t) jusqu'à un taux d'exploitation maximum de 0,346 (F_{lim}) lorsque BC est supérieure ou égale à la valeur du B_{NRS} (41 400 t). La valeur par défaut de ER_{crit} est 0.

$$Si BC \leq B_{lim} \text{ alors } TE = ER_{crit}$$

$$Si B_{lim} < BC \leq B_{NRS} \text{ alors } TE = ER_{crit} + (F_{lim} - ER_{crit}) * \left(1 - \left(\frac{B_{NRS} - BC}{B_{NRS} - B_{lim}} \right) \right)$$

$$Si BC > B_{NRS} \text{ alors } TE = 0,346$$



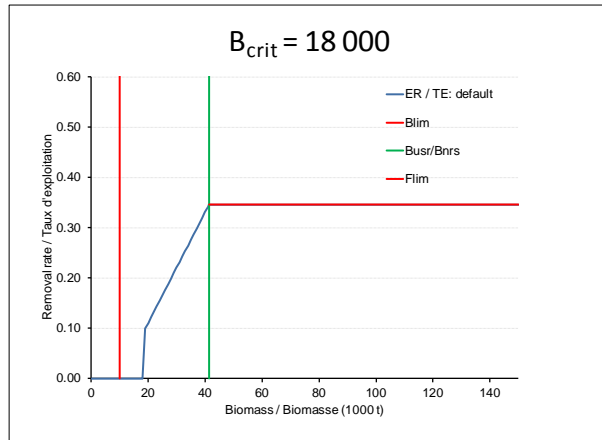
Alternatives à la règle par défaut dans la zone de prudence

La pente du taux d'exploitation de la règle du « seuil » est similaire à celle de la règle par défaut quand BC est inférieure à la valeur du B_{NRS} et supérieure ou égale à une valeur intermédiaire (B_{crit}). Lorsque BC est inférieure à la valeur du B_{crit} , le taux d'exploitation tombe soudainement à la valeur du ER_{crit} .

$$\text{Si } BC \leq B_{crit} \text{ alors } TE = ER_{crit}$$

$$\text{Si } B_{crit} < BC \leq B_{NRS} \text{ alors } TE = ER_{crit} + (F_{lim} - ER_{crit}) * \left(1 - \left(\frac{B_{NRS} - BC}{B_{NRS} - B_{lim}} \right) \right)$$

$$B_{lim} = 10\,000, B_{NRS} = 41\,400, F_{lim} = 0,346$$



La règle « intermédiaire » détermine deux pentes pour le taux d'exploitation dans la zone de prudence qui s'articulent sur un point pivot fixe de la biomasse commerciale et du taux d'exploitation. Le point pivot proposé par le groupe de travail correspondait à la valeur du taux d'exploitation acceptée par l'industrie pour la pêche de 2011 (0,30) fondé sur la valeur de la BC tirée du relevé de 2010 (36 000 t) (tableaux 1 et 2).

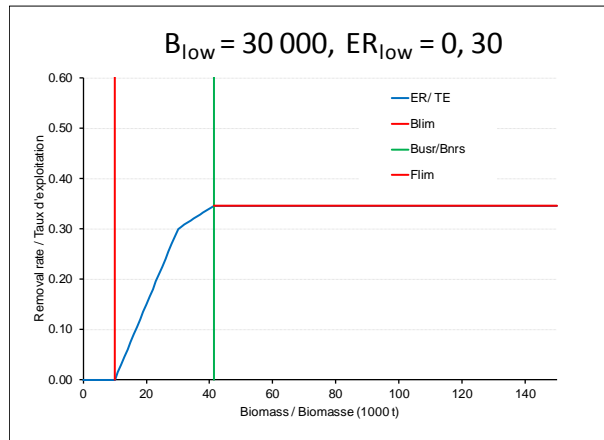
$$\text{Si } BC \leq B_{lim} \text{ alors } TE = ER_{crit}$$

$$\text{Si } B_{lim} < BC \leq B_{low} \text{ alors } TE = ER_{crit} + (ER_{low} - ER_{crit}) * \left(1 - \left(\frac{B_{low} - BC}{B_{low} - B_{lim}} \right) \right)$$

$$\text{Si } B_{low} < BC \leq B_{NRS} \text{ alors } TE = ER_{low} + (F_{lim} - ER_{low}) * \left(1 - \left(\frac{B_{NRS} - BC}{B_{NRS} - B_{low}} \right) \right)$$

À titre indicatif, dans l'exemple ci-dessous, $B_{low} = 30\,000$ t et $ER_{low} = 0,30$.

$$B_{lim} = 10\ 000, B_{NRS} = 41\ 400, F_{lim} = 0,346$$



Alternatives à la règle par défaut dans la zone saine

Une règle « à marche successives » consistant en quatre niveaux de taux d'exploitation dans la zone saine a été proposée. Pour BC supérieure ou égale à la valeur du B_{NRS} mais inférieure à la valeur de B_{RMS} (51 700 t), le taux d'exploitation a été établi à F_{lim} (0,346). Pour BC supérieure ou égale à la valeur de B_{RMS} mais inférieure à la valeur du B_{max} (déterminé comme 61 700 = $B_{RMS} + 10\ 000$ t) le taux d'exploitation a été établi à 0,362 ou 0,382 selon que le recrutement diminuait ou augmentait d'une année à l'autre respectivement. Pour BC supérieure ou égale à B_{max} , le taux d'exploitation a été établi à 0,3979. Les points d'inflexion correspondent à des valeurs situées à l'intérieur de la période de pêche des années 1998 à 2009 qui a été utilisée pour déterminer les points de référence pour ce stock (tableaux 1 et 2).

$$Si B_{NRS} < BC \leq B_{RMS} \text{ alors } TE = 0,346$$

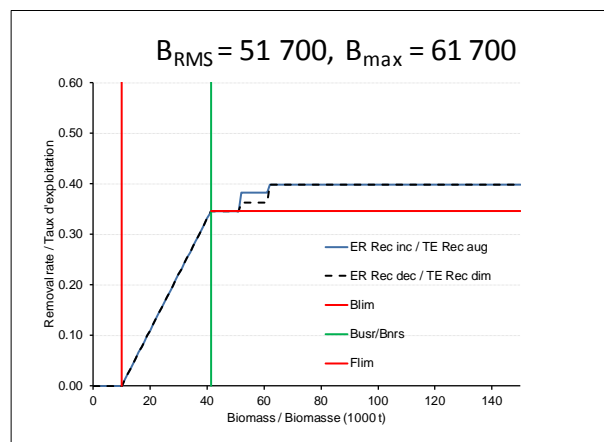
$$Si B_{RMS} < BC \leq B_{max}, \text{ et}$$

$$Rec_{y+1} \leq Rec_y \text{ alors } TE = 0,362$$

$$Rec_{y+1} > Rec_y \text{ alors } TE = 0,382$$

$$Si B_{max} < BC \text{ alors } TE = 0,3979$$

$$B_{lim} = 10\ 000, B_{NRS} = 41\ 400, F_{lim} = 0,346$$

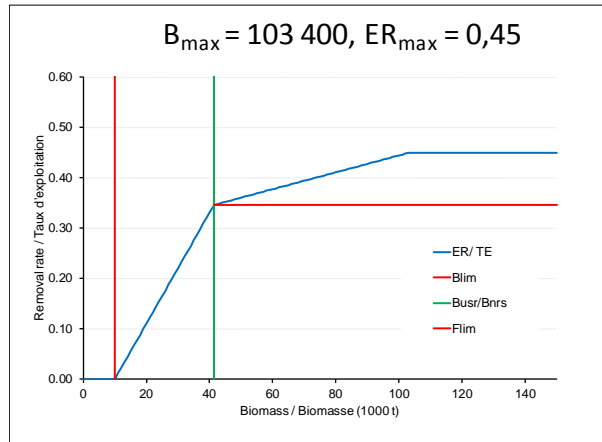


La règle de proportionnalité a un point d'inflexion établi à la valeur maximum de l'estimation de la BC ($B_{max} = 104\ 000\ t$) et une valeur maximum du taux d'exploitation correspondant au taux d'exploitation maximum ($ER_{max} = 0,45$) atteint pour le stock (tableaux 1 et 2). Le taux d'exploitation entre B_{NRS} et B_{max} augmente de manière linéaire de F_{lim} à ER_{max} . Pour BC supérieure ou égale à B_{max} , le taux d'exploitation a été établi à ER_{max} (tableau 2).

$$\text{Si } B_{NRS} < BC \leq B_{max} \text{ alors } TE = F_{lim} + (ER_{max} - F_{lim}) * \left(1 - \left(\frac{B_{max} - CB}{B_{max} - B_{NRS}} \right) \right)$$

$$\text{Si } B_{max} < BC \text{ alors } TE = ER_{max}$$

$$B_{lim} = 10\ 000, B_{NRS} = 41\ 400, F_{lim} = 0,346$$



Variantes des structures de règles de décision

Taux d'exploitation qui dépend de la trajectoire du stock

À titre d'élément facultatif de la politique d'approche de précaution, des mesures de gestion pourraient également être définies sur la base de la trajectoire du stock (MPO 2009). Par exemple, le taux de prélèvement sur un stock dans la zone de prudence pourrait être différent si l'état du stock s'améliorait (p. ex. augmentation du recrutement) ou au contraire s'il déclinait (p. ex. diminution du recrutement). Les variantes aux règles de décision qui diffèrent selon le taux d'exploitation qui dépend de la trajectoire du stock ont été étudiées. L'approche prise en compte a été de diminuer le taux d'exploitation à partir de la valeur de base lorsque le recrutement diminuait d'une année à l'autre. En ce qui concerne le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent, on dispose d'un très bon modèle de prévision du recrutement à venir deux ans avant la pêche (Surette et Wade 2006; Wade *et al.* 2014). Les taux d'exploitation qui comptaient pour un recrutement en diminution ont été calculés en augmentant les valeurs des points d'inflexion de la biomasse. Cela a l'effet de réduire la pente du taux d'exploitation. Par exemple, une règle du taux d'exploitation dans la zone de prudence qui varierait en fonction de la trajectoire du stock serait rédigée comme suit :

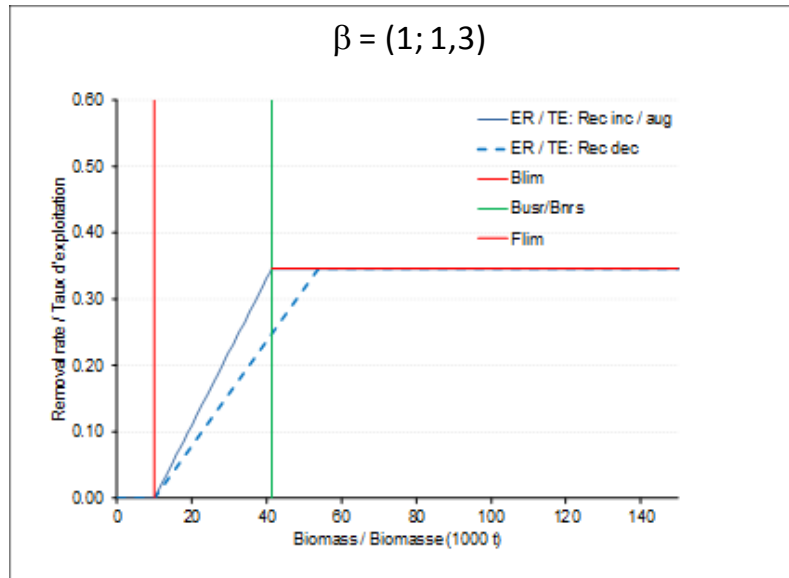
$$TE = ER_{crit} + (F_{lim} - ER_{crit}) * \left(1 - \left(\frac{B_{NRS} * \beta - BC}{B_{NRS} * \beta - B_{lim}} \right) \right)$$

$$\beta = 1 \text{ si la trajectoire du stock est en augmentation}$$

$$\beta > 1 \text{ si la trajectoire du stock est en diminution}$$

Exemple de règle par défaut dépendante de la trajectoire du stock.

$$B_{lim} = 10\,000, B_{NRS} = 41\,400, F_{lim} = 0,346$$



La règle à marches successives pour la zone saine décrite dans la section précédente est une règle qui dépend de la trajectoire du stock.

Variantes des règles pour la conformité avec le cadre d'AP

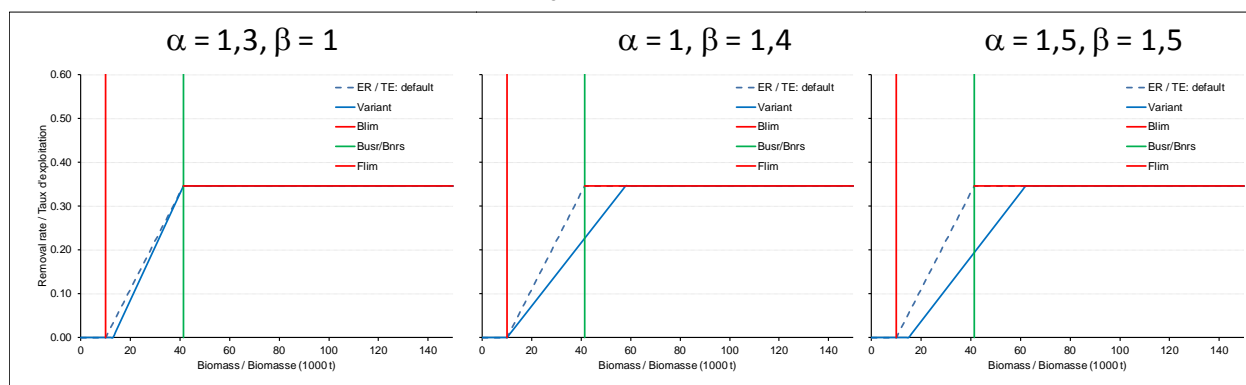
Les valeurs des points d'inflexion de toutes les structures des règles de décision proposées ont été modifiées afin de déterminer celles qui permettraient d'obtenir des règles conformes au cadre d'AP. Déplacer les points d'inflexion n'est pas la même chose que modifier les points de référence. Les valeurs des points d'inflexion ont été modifiées en utilisant un format similaire aux règles qui faisaient varier le taux d'exploitation en fonction de la trajectoire du stock, ce qui a effet de modifier les valeurs de la biomasse auxquelles les valeurs correspondantes des taux d'exploitation (ER_{crit} , F_{lim} , ER_{max} , etc.) étaient appliquées ainsi que les pentes des taux d'exploitation.

$$TE = ER_{crit} + (F_{lim} - ER_{crit}) * \left(1 - \left(\frac{B_{NRS} * \beta - BC}{B_{NRS} * \beta - B_{lim} * \alpha} \right) \right)$$

$$\alpha \geq 1; \beta \geq 1$$

Des exemples de variantes de points d'inflexion de la règle linéaire par défaut de la zone de prudence sont présentés ci-dessous. Le taux d'exploitation par défaut dans la zone de prudence est indiqué à titre d'illustration par une ligne pointillée.

$$B_{lim} = 10\,000, B_{NRS} = 41\,400, F_{lim} = 0,346$$



RÉSULTATS DU RENDEMENT DES RÈGLES DE DÉCISION ET DE LEUR CONFORMITÉ AVEC LE CADRE D'AP

Il existe un nombre important de combinaisons potentielles de règles de décision qui peuvent être produites à partir des alternatives pour la zone de prudence, la zone saine, la variante dépendante à la trajectoire du stock et les variantes décrites ci-dessus. L'examen de ces combinaisons et de leur rendement relatif au critère de conformité avec le cadre d'AP révèle que la règle dans la zone de prudence était le facteur déterminant principal pour une conformité avec le cadre d'AP quant au critère de conservation des ressources. Par conséquent, nous avons examiné en détail la règle linéaire par défaut afin d'illustrer comment faire le choix des variantes d'après un critère de conservation des ressources et un critère du groupe socio-économique. Nous avons ensuite examiné les règles de décision précises proposées par le groupe de travail ainsi que les variantes qui pourraient potentiellement permettre aux règles d'être conformes avec le cadre d'AP.

Les résultats de chacune des règles sont présentés pour le critère décrit dans le tableau 3. Des données à l'appui de chacune des règles examinées comprennent des diagrammes du cadre d'AP qui présentent le lieu du taux d'exploitation relativement à la valeur de la biomasse du stock (par des symboles de couleur où le rouge indique que la probabilité est supérieure à 5 % que la biomasse résiduelle après la pêche soit inférieure ou égale à la valeur du B_{lim}) et, sur une base annuelle, le taux d'exploitation pour la règle et la probabilité correspondante de la biomasse résiduelle inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} .

ANALYSE DES REGLES DE DECISION

Règle linéaire par défaut démontrant les combinaisons et options concernant les règles de trajectoire du stock

Les variantes de la règle linéaire, sans la caractéristique de la trajectoire du stock, ont été examinées afin de déterminer quelles combinaisons des variations du point d'inflexion de la règle dans la zone de prudence répondraient à un critère de conservation de la ressource et à un critère socio-économique (tableau 4). À titre de rappel, la règle linéaire affiche un taux d'exploitation qui augmente de façon linéaire depuis le taux d'exploitation ER_{crit} (par défaut = 0) à $\alpha * B_{lim}$ ($\alpha \geq 1$) jusqu'à un taux d'exploitation maximum de 0,346 à $\beta * B_{NRS}$ ($\beta \geq 1$). Pendant la période de simulation de 50 ans, la probabilité était supérieure à 5 % que la biomasse résiduelle soit inférieure ou égale à la valeur B_{lim} pendant 12 années lorsque $\alpha = \beta = 1$, mais la pêche n'aurait pas fermée pendant aucune de ces années (tableau 4). La probabilité de passer en dessous de la valeur du B_{lim} était inférieure à 5 % avec une règle linéaire par défaut où $\alpha = 2$

et $\beta = 1,2$, ou $\alpha = 1$ et $\beta = 2,4$, et avec un certain nombre d'autres combinaisons de α et β (tableau 4). Une fermeture de la pêche a lieu lorsque $\alpha = 1,6$ et $\beta = 1$ jusqu'à $\alpha = 2$ et $\beta = 2,1$ et d'autres combinaisons. Une hausse de α ou de β entraîne des taux d'exploitation réduits pour le stock et, par conséquent, moins de prises dans la pêche. Un choix optimal qui respecte l'objectif de conservation des ressources (sans passer en dessous de la valeur du B_{lim}) et ayant le moins de conséquences sur les prises (nombre d'années pendant laquelle la pêche est fermée) a lieu lorsque $\alpha = 1,7$ et $\beta = 1,55$ (tableau 4).

Sans la variante dépendante de la trajectoire du stock

La règle linéaire par défaut ($\alpha = \beta = 1$) ne donne pas lieu à des fermetures de la pêche, toutefois, la biomasse résiduelle chute en dessous de la valeur du B_{lim} pendant 12 années (dans la simulation de 50 ans) et pendant 1 année au cours de la période de 15 ans durant laquelle le recrutement a été évalué (de 1998 à 2012) (tableau 5; figure 5). Si les points d'inflexion pour le taux d'exploitation sont établis à $\alpha = 1,7$ (biomasse = 17 000 t) et $\beta = 1,1$ (biomasse = 45 540 t), la pêche serait fermée pendant 2 ans au cours des 50 années, mais la probabilité serait supérieure à 5 % que la biomasse résiduelle soit en dessous de la valeur du B_{lim} (tableau 5; figure 5). La biomasse résiduelle avait une probabilité élevée d'être inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} en raison des taux d'exploitation trop élevés au cours des dernières années par rapport aux valeurs réduites de recrutement à venir. C'est seulement en rehaussant la valeur β à 1,55 (et en conservant α à 1,7) qu'il a été possible d'éviter, avec une probabilité élevée ($P > 0,95$), que la biomasse résiduelle passe en dessous de la valeur du B_{lim} au cours de toutes les années (tableau 5; figure 5). En application de cette règle ($\alpha = 1,7$ et $\beta = 1,55$), la biomasse commerciale resterait le plus souvent dans la zone saine (pour 32 des 50 années) et le moins souvent dans la zone de prudence (pour 12 ans des 50 années) (tableau 5) et, par conséquent, cette règle répond au critère de conservation de la ressource quant à la conformité avec le cadre d'AP. La pêche ne ferme jamais, mais le TAC annuel au cours d'une année donnée peut être très bas (moins de 100 t) et la somme des TAC pour toutes les années, pendant la période de 1998 à 2012, ainsi que les TAC moyens sont tous inférieurs aux valeurs des autres variantes de la règle par défaut.

Variante dépendante de la trajectoire du stock

Trois variantes dépendantes de la trajectoire du stock qui seraient conformes avec le cadre d'AP sont présentées au tableau 5 et la figure 6. Les deux règles qui incluent une valeur dépendante de la trajectoire du stock pour β se sont soldées par un stock se situant le plus fréquemment dans la zone saine (pour 32 des 50 années). La pêche aurait pu rester ouverte pour chacune des années étudiées, et la somme des TAC et le TAC annuel moyen au fil des ans sont semblables entre ces deux règles et pour la plus grande partie semblables pour ce qui est des deux valeurs de rendement à ceux correspondant à la règle de conformité avec l'AP qui exclut la caractéristique de la trajectoire du stock (tableau 5). Il n'existe aucun avantage évident dans cet exercice de simulation d'inclure une règle dépendante de la trajectoire du stock.

Règle à marches successives dans la zone saine

Les participants de l'industrie ont proposé une règle à marches successives dans la zone saine et deux variantes de règle dans la zone de prudence (règle du seuil (figure 7) et règle intermédiaire (figure 8)). La règle à marches successives dans la zone saine en est une dépendante de la trajectoire du stock.

Règle du seuil

Si la valeur du B_{crit} (valeur de la biomasse commerciale où le taux d'exploitation chute à la valeur ER_{crit}) est de 21 000 t et $\beta = 1,1$, la biomasse résiduelle serait inférieure ou égale à la

valeur du B_{lim} (avec $P > 0,05$) pour 2 des 50 années (tableau 6; figure 7). La pêche aurait été fermée au cours de sept années, y compris les deux années où la biomasse résiduelle aurait été inférieure à la valeur du B_{lim} . La biomasse commerciale se situerait dans la zone saine pour 26 des 50 années (12 des 15 années pendant la période de 1998 à 2012) (tableau 6).

Pour être entièrement conforme avec le cadre d'AP, la valeur du B_{crit} devrait être rehaussée à 28 000 t où $\beta = 1,1$ (tableau 6; figure 7). En application de cette règle, la pêche serait fermée pendant 11 ans au cours des 50 années (0 des 15 années pendant la période de 1998 à 2012), mais la somme des TAC est essentiellement semblable à l'autre variante de la valeur du B_{crit} (tableau 6).

Règle intermédiaire

Le point d'inflexion de la règle intermédiaire proposée par l'industrie ($B_{low} = 36\ 000$, $ER_{low} = 0,30$) et les variantes $\alpha = 1,7$ et $\beta = 1,1$ établis pour la règle linéaire ne représentent pas une règle de conformité avec le cadre d'AP (tableau 6; figure 8). La biomasse résiduelle est inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} ($P > 0,05$) pour 7 des 50 années (1 des 15 années pendant la période de 1998 à 2012). Si la valeur $B_{low} = 36\ 000$, la valeur ER_{low} est réduite à 0,29, la valeur α est augmentée à 1,8 et $\beta = 1,1$, la biomasse résiduelle serait inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} ($P > 0,05$) pour 2 des 50 années même avec la fermeture de la pêche pendant ces années (tableau 6; figure 8).

Une règle de décision conforme avec le cadre d'AP inclurait une variante dépendante de la trajectoire du stock dans la zone de prudence qui réduirait la valeur ER_{low} à 0,26 (tableau 6; figure 8). En application de cette variante, la pêche serait fermée pour 5 des 50 années et la somme des TAC serait légèrement inférieure aux valeurs des autres variantes de cette règle.

Règle proportionnelle dans la zone saine

Une règle linéaire dans la zone de prudence a servi à examiner la règle proportionnelle dans la zone saine. On a aussi examiné une variante dépendante de la trajectoire du stock dans la zone de prudence.

Sans variante dépendante de la trajectoire du stock

Si $\alpha = 1,7$ et $\beta = 1,1$, l'option proportionnelle dans la zone saine entraîne un rendement semblable quant au critère de conservation des ressources à celui de la règle linéaire par défaut avec des paramètres semblables (tableau 7; figure 9). La biomasse résiduelle est inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} ($P > 0,05$) pour 2 des 50 années et le stock est dans la zone saine pour 27 des 50 années (12 des 15 années pendant la période de 1998 à 2012) (tableau 7; figure 9). La pêche serait fermée pendant deux de ces années. Une règle entièrement conforme avec le cadre d'AP pourrait être appliquée si $\alpha = 1,9$ et $\beta = 1,3$ (tableau 7; figure 9). La pêche serait fermée pendant deux de ces années, et il était prévisible que la somme des TAC serait inférieure à la variante précédente de cette règle.

Variante dépendante de la trajectoire du stock

Une variante conforme avec le cadre d'AP de la règle proportionnelle ayant une valeur pour β (1,1 ; 1,3) qui varie avec la trajectoire de recrutement obtient un rendement semblable quant au critère de conservation des ressources à celui de la variante qui n'inclut pas cette condition. La somme des TAC est légèrement plus haute avec cette variante (tableau 7; figure 9).

COMPARAISON DES REGLES DE DECISION

Deux options de conformité à l'AP ont été considérées. Dans le premier cas, qu'on appelle potentiellement conformes, la biomasse résiduelle peut finir inférieure à B_{lim} pour des raisons d'un faible taux de recrutement plutôt que conséquence de la pêche de l'année puisque la pêche était fermée. Dans l'autre cas, qu'on appelle entièrement conforme, la biomasse résiduelle ne tombe jamais inférieure à B_{lim} qu'importe le taux de recrutement. Dans ce cas, les taux d'exploitation de la pêche des années antérieures avaient été ajustés pour assurer cette condition. Pour les fins de discussion et advenant la conclusion et l'avis de la revue par les pairs, des règles selon ces deux conditions ont été examinées.

Règles potentiellement conformes

Les règles potentiellement conformes sont celles pour lesquelles les pêches seraient fermées, mais la probabilité de la biomasse résiduelle au cours de cette année serait toujours inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} ($P > 0,05$). Les quatre règles étudiées comprennent une règle linéaire (sans variante dépendante de la trajectoire du stock), la règle à marches successives dans la zone saine avec deux variantes dans la zone de prudence (seuil et intermédiaire) et une règle proportionnelle (sans variante dépendante de la trajectoire du stock) (tableau 8). Les seules différences quant au rendement lié à ces règles pour le critère de conservation des ressources se situent au niveau du nombre d'années où le stock est dans la zone saine et dans la zone de prudence. La règle linéaire permet d'obtenir un stock le plus souvent dans la zone saine (pour 28 des 50 années; 12 des 15 années pendant la période de 1998 à 2012), suivie de la règle proportionnelle (pour 27 des 50 années; 12 des 15 années pendant la période récente) pour finir avec la règle à marches successives (pour 26 des 50 années; 12 des 15 années pendant la période récente) (tableau 8). Concernant le critère socio-économique, la règle linéaire et la règle proportionnelle permettent d'observer le plus petit nombre d'années pendant lesquelles la pêche est fermée, alors que la règle à marches successives avec la variante du seuil affiche le plus d'années pendant lesquelles la pêche est fermée. Même si l'on observe avec la règle à marches successives (variante du seuil) le plus grand nombre d'années pendant lesquelles la pêche serait fermée, la somme des TAC pour l'ensemble des années est plus élevée par rapport à celle obtenue avec la règle linéaire et elle est légèrement inférieure à celle obtenue avec la règle à marches successives (variante intermédiaire) et la règle proportionnelle. Le TAC moyen lorsque la pêche est ouverte est plus élevé avec une variante du seuil, car avec les autres règles, le TAC annuel pourrait être très bas (moins de 100 t) alors que le TAC minimum avec la règle du seuil se situe tout juste en dessous de 3 000 t (tableau 8).

Règles entièrement conformes

Une comparaison du rendement des six règles entièrement conformes est présentée au tableau 8. Deux des règles ne tiennent pas compte de la trajectoire du stock et les quatre autres règles ont une variante dépendante de la trajectoire du stock. Parmi toutes ces règles, la règle linéaire par défaut offre le meilleur rendement quant au critère de conservation des ressources avec un stock se situant dans la zone saine pour 30 ou 32 des 50 années (15 des 15 années pendant la période de 1998 à 2012) et dans la zone de prudence pendant 12 ou 14 ans (0 des 15 années pendant la période récente). Ce meilleur rendement relatif au critère de conservation de la ressource donne lieu à un rendement réduit quant au critère socio-économique pour le total des TAC et la moyenne des TAC (tableau 9). Parmi les règles restantes, la règle proportionnelle avec une variante dépendante de la trajectoire du stock permet d'obtenir le meilleur rendement avec le moins d'années de fermeture de la pêche et la somme globale la plus élevée des TAC (sur 50 ans et au cours des 15 dernières années). S'il y a toutefois une valeur minimale de TAC pour la viabilité économique de la pêche, la règle à marches successives avec une règle du seuil peut s'avérer tout aussi intéressante.

Des plus amples détails pour des candidats de règles de décision comprenant des alternatives de règles pour les taux d'exploitation dans la zone de prudence (règle linéaire, B_{crit} , B_{low} & ER_{low} , B_{crit} & B_{low} & ER_{low}) sont présentés pour la règle linéaire dans la zone saine (tableaux et figures en annexe 2), pour la règle de marches successives dans la zone saine (tableaux et figures en annexe 3) et pour la règle de proportionnalité dans la zone saine (tableaux et figures en annexe 4).

DEPENDANCE DES RESULTATS A L'EGARD DES HYPOTHESES DU MODELE

Le rendement associé aux règles est propre aux séries de recrutement simulé, aux incertitudes liées aux observations utilisées et aux autres hypothèses du modèle. Les séries de recrutement simulé imitent la périodicité et la plage d'oscillations du recrutement mesurées pour le stock de crabes des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent (figure 3). Les résultats des analyses étant insensibles aux séries de recrutement simulé, toutefois, les valeurs absolues ne le sont pas et seul le rendement relatif des règles peut être comparé de façon pertinente.

Le rendement de ces règles est propre aux incertitudes présumées dans ce modèle. Les incertitudes intégrées au modèle comprennent les estimations des pertes non liées à la pêche entre les années de relevé ainsi que les incertitudes liées aux observations associées à l'évaluation. Une déviation normalisée (sigma, sur l'échelle logarithmique) de 0,10 fut utilisée pour l'erreur d'évaluation de la biomasse commerciale dans les simulations. Pour les années évaluées de 1997 à 2012, la plage de sigma était de 0,051 à 0,115. Si une incertitude présumée est plus élevée, les résultats du rendement seraient différents, et d'autres variations des règles devraient être considérées. Par exemple, si l'incertitude dans la biomasse commerciale évaluée est présumée à 0,15 au lieu de 0,10 comme elle est modélisée ici, les paramètres de la règle proportionnelle sans la variante dépendante de la trajectoire du stock qui serait entièrement conforme à l'approche de précaution seraient les suivants : $\alpha = 2$, $\beta = 1,7$ et de surcroît $\gamma = 1,4$ (le point d'inflexion pour la biomasse dans la zone saine où $ER_{max} = 0,45$ serait de 145 600 t au lieu de la valeur B_{max} de 103 400 t) et non les valeurs présentées dans le tableau 8.

Nous avons supposé qu'il n'y aucune erreur dans la déclaration des débarquements et qu'au cours de toutes les années, le TAC a été atteint. La gestion de la pêche est soumise à des mesures de contrôle de déclaration très strictes, associées surtout à une vérification à quai, c'est pourquoi les valeurs sont jugées de bonne qualité.

CONCLUSIONS

Nous avons examiné le rendement associé aux règles à l'aide de recrutements simulés, ce qui comprend des valeurs nettement inférieures à toute valeur de recrutement observée pendant la série chronologique de 1998 à 2012. Les oscillations du recrutement ont été modélisées afin d'imiter la périodicité des abondances relevée pour le crabe des neiges. Même si le recrutement du crabe des neiges s'est effondré à des valeurs très faibles, ce qui signifie à moins de 10 000 t pendant une période de cinq ans, la biomasse de reproduction (telle qu'elle a été mesurée dans le relevé comme la biomasse résiduelle) en l'absence de la pêche est demeurée bien au-delà de la valeur du B_{lim} (le 5^e centile n'est jamais passé à moins de 10 000 t).

Lorsque la pêche fut simulée, pendant certaines années, la probabilité de la biomasse étant inférieure ou égale à la valeur du B_{lim} était supérieure à 5 % même si la pêche était fermée. Au départ, cette constatation était jugée comme une conséquence de la dynamique du recrutement modélisée et l'abondance des stocks faible était jugée secondaire à la pêche; par conséquent, il ne s'agissait pas d'une préoccupation dans l'évaluation de la conformité à l'approche de précaution. Si cette interprétation est exacte, les règles de décision conformes avec le cadre d'AP nécessiteraient une moyenne de l'estimation de la biomasse évaluée où l'exploitation est

nulle (ou à un niveau le plus bas possible) qui se chiffre à environ de 1,7 à 1,8 fois la valeur du B_{lim} , c.-à-d. de 17 000 t à 18 000 t, et la moyenne de la valeur de la biomasse évaluée dans la zone saine où le taux d'exploitation pourrait être fixé à 0,346 ou plus serait augmentée d'environ 1,1 fois la valeur du B_{NRS} (45 540 t).

Les taux d'exploitation au-delà de 0,346 dans la zone saine peuvent être conformes avec le cadre d'AP d'après les critères évalués dans cette analyse. La règle de décision à marches successives proposée par le groupe avec une règle du seuil dans la zone de prudence serait conforme à l'approche de précaution avec une valeur du B_{crit} de 21 000 t et un point d'inflexion dans la zone saine correspondant à 110 % de la valeur B_{NRS} tel qu'il est mentionné ci-dessus. La règle de décision proportionnelle indique qu'un taux d'exploitation maximum de 0,45 pourrait être autorisé pour les niveaux de biomasse du stock au-delà de 103 400 t, mais que des valeurs plus élevées ($\geq 0,49$) ne seraient pas conformes à l'approche de précaution d'après le critère d'évaluation utilisé; en fait, fixer le taux d'exploitation à 0,49 à des niveaux de biomasse au-delà de 103 400 t entraînerait une probabilité supérieure à 5 % que la biomasse résiduelle soit en dessous de la valeur B_{lim} .

Au cours de toutes les années de simulation, il a été possible d'élaborer des règles de décision dans le cadre desquelles la biomasse résiduelle ne s'est jamais chiffrée en dessous de la valeur du B_{lim} . Le plus souvent, ces règles ont entraîné des périodes de fermeture de la pêche ou des TAC très bas. À ce stade, nous sommes incertains quant au niveau de rigueur nécessaire pour l'évaluation des règles aux fins de conformité avec le cadre d'AP : règles dans le cadre desquelles il n'y a aucune probabilité que le stock se situe en dessous de la valeur du B_{lim} en raison des activités de pêche au fil des ans, et pas seulement lors de l'année en question, lorsque les séries modélisées de recrutement ou de dynamique des stocks ne se situent jamais dans la zone critique.

Plusieurs candidats de règles sembleraient conformes à l'AP. La règle du seuil dans la zone de prudence est simple et donne lieu le plus souvent à une fermeture de la pêche, mais présente les valeurs de TAC annuel minimal plus élevées et maintient les valeurs de TAC global aussi élevées que celle des autres règles dans le cadre desquelles la fermeture de la pêche était moins fréquente. Dans les règles avec des fermetures moins fréquentes, le TAC annuel désigné par les règles affichait souvent une valeur très faible, moins de 1 000 t, et il peut s'agir d'un TAC non viable sur le plan économique pour l'industrie. Les conséquences sociales et économiques de TAC annuels bas ou de la fermeture de la pêche ne sont pas considérées dans la présente évaluation.

La règle de décision devrait être aussi simple que possible. Une règle simple qui donne les mêmes résultats devrait être choisie de préférence par rapport à une règle plus complexe. Rien n'indique dans la présente analyse avec les séries de recrutement simulé qu'il y a un meilleur rendement pour ce qui est du critère de conservation de la ressource avec une règle dans la zone de prudence ayant une variante dépendante de la trajectoire du stock. La règle proportionnelle avec une variante dépendante de la trajectoire du stock dans la zone de prudence a toutefois donné lieu à des valeurs de TAC légèrement plus élevées que la règle sans cette caractéristique.

Les propositions de règles de décision évaluées pourraient tirer parti d'un examen dans cinq autres années lorsque des données dynamiques supplémentaires sur le stock seront obtenues. D'ici là, le pronostic de l'évaluation laisse entendre que le recrutement resterait variable, mais il n'y a aucune indication d'un échec du recrutement du type modélisé dans les séries de recrutement simulé. Par conséquent, les règles qui sont conformes au critère de ne pas passer en dessous de la valeur du B_{lim} en raison de la pêche dans une année de décision pourraient être jugées applicables par la gestion.

Lorsque le critère de conservation est respecté, le choix des règles de décision par les gestionnaires pourrait être fondé sur les critères socio-économiques décrits comme celles qui offrent le TAC maximum et le nombre minimal d'années pendant lesquelles les TAC sont inférieurs à la valeur critique pour l'industrie. Cette valeur n'a pas été stipulée par le groupe de travail.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Benhalima, K., Moriyasu, M., and Hébert, M. 1998. A technique for identifying the early-premolt stage in the male snow crab, *Chionoecetes opilio*, (Brachyura: Majidae) in Baie des Chaleurs, southern Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Zool.* 76: (4)609-617.
- Comeau, M., Conan, G.Y., Maynou, F., Robichaud, G., Therriault, J.-C., and Starr, M. 1998. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 262-279.
- Conan, G.Y., and Comeau, M. 1986. Functional maturity of male snow crab, (*Chionoecetes opilio*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 1710-1719.
- Conan, G.Y., Moriyasu, M., Comeau, M., Mallet, P., Cormier, R., Chiasson, Y., and Chiasson, H. 1988. Growth and maturation of snow crab (*Chionoecetes opilio*), p. 45-66. In G.S. Jamieson and W.D. McKone (eds.). Proceedings of the international workshop on snow crab biology, December 8-10, 1987, Montréal Québec. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2005.
- Dufour, R., Bernier, D., and Brêthes, J.-C. 1997. Optimization of meat yield and mortality during snow crab (*Chionoecetes opilio*, O. Fabricius) fishing operations in Eastern Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2152.
- Fonseca, D.B., Sainte-Marie, B., and Hazel, F. 2008. Longevity and change in shell condition of adult male snow crab *Chionoecetes opilio* inferred from dactyl wear and mark-recapture data. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 137: 1029-1043.
- Hébert, M., Benhalima, K., Miron, G., and Moriyasu, M. 2002. Molting and growth of male snow crab, *Chionoecetes opilio*, (O. Fabricius, 1788) (Crustacea: Majidae) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Crustaceana* 75: 671-702.
- Hébert, M., Wade, E., DeGrâce, P., Landry, J.-F., et Moriyasu, M. 2014. [Évaluation du stock de crabe des neiges \(*Chionoecetes opilio*\) dans le sud du golfe du Saint-Laurent \(zones 12, 19, 12E et 12F\) en 2012](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2013/111. v + 43 p.
- Mallet, P., Conan, G.Y., and Moriyasu, M. 1993. Periodicity of spawning and duration of incubation time for *Chionoecetes opilio*, in the Gulf of St. Lawrence. *ICES CM/1993: K:26*.
- Moriyasu, M., and Conan, G.Y. 1988. Aquarium observation on mating behaviour of snow crab, *Chionoecetes opilio*. *ICES C. M., 1988/K: 9*.
- Moriyasu, M., and Lanteigne, C. 1998. Embryo development and reproductive cycle in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Majidae), in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. *Can. J. Zool.* 76: 2040-2048.
- Moriyasu, M., Conan, G.Y., Mallet, P., Chiasson, Y.J., and Chiasson, H. 1988. Growth at molt, molting season and mating of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in relation to functional and morphometric maturity. *ICES CM/1987 K:21*.

-
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution.](#)
- MPO. 2010. [Points de référence conformes à l'approche de précaution pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.](#) Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/014.
- MPO. 2012a. [Compte rendu de la réunion portant sur l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent, du 21 au 25 novembre, 2011.](#) Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2012/023.
- MPO. 2012b. [Points de référence révisés tenant compte des changements de la surface d'estimation de l'unité biologique du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.](#) Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/002.
- MPO. 2013. [Évaluation du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent \(zones 12, 19, 12E et 12F\) et avis pour la pêche de 2013.](#) Secr. can. de consult. Sci. du MPO, Avis sci. 2013/002.
- Sainte-Marie, B., and Hazel, F. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1282-1293.
- Sainte-Marie, B., Raymond, S., and Brêthes, J.-C. 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 903-924.
- Sainte-Marie, B., Urbani, N., Sévigny, J.-M., Hazel, F., and Kuhnlein, U. 1999. Multiple choice criteria and the dynamics of assortative mating during the first breeding season of female snow crab *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Mar. Ecol. Prog. Ser. 181: 141-153.
- Sainte-Marie, B., Gosselin, T., Sévigny, J.-M., and Urbani, N. 2008. The snow crab mating system: opportunity for natural and unnatural selection in a changing environment. Bull. Mar. Sci. 83: 131-161.
- Surette, T., and Wade, E. 2006. Bayesian serial linear regression models for forecasting the short-term abundance of commercial snow crab (*Chionoecetes opilio*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2672.
- Wade, E., Moriyasu, M., and Hébert, M. 2014. [Methods and models used in the 2012 assessment of the snow crab \(*Chionoecetes opilio*\), stock in the southern Gulf of St. Lawrence.](#) DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/113.
- Watson, J. 1969. Biological investigation on the spider crab, *Chionoecetes opilio*, p. 23-47. In Pro. Meeting on Atlantic Crab Fishery Development. Can. Fish. Rep. 13.
- Watson, J. 1972. Mating behavior in the Spider Crab, *Chionoecetes opilio*. J. Fish. Res. Board Can. 29: 447-449.

TABLEAU

Tableau 1. Biomasses commerciales estimées (t; totales, recrutements, et résiduelles) dans les relevés de 1997 à 2012 et les débarquements (t) et les taux d'exploitation correspondants pour les années de pêche de 1998 à 2012 pour l'unité biologique de crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.

Année du relevé	Biomasse commerciale						Année de la pêche	Débarquements (t)	Taux d'exploitation (%)
	Totale		Recrutement		Résiduelle				
	estimé (t)	CV (%)	estimé (t)	CV (%)	estimé (t)	CV (%)			
1997	65 310	8,8	37 619	17,5	27 690	11,5	1998	13 575	20,8
1998	57 595	11,6	29 818	25,7	27 775	13,8	1999	15 110	26,2
1999	57 051	8,7	25 874	23,7	31 177	10,9	2000	18 712	32,8
2000	49 823	10,4	39 845	13,2	9 977	19,9	2001	18 262	36,7
2001	59 150	10,7	42 243	15,0	16 905	14,3	2002	25 691	43,4
2002	79 559	8,8	66 481	10,9	13 075	11,1	2003	21 163	26,6
2003	84 423	8,0	57 503	12,4	26 919	11,8	2004	31 675	37,5
2004	103 429	6,4	83 702	8,3	19 726	10,9	2005	36 118	34,9
2005	82 537	5,8	58 398	9,4	24 140	12,6	2006	29 121	35,3
2006	74 285	5,8	54 371	8,2	19 914	10,4	2007	26 867	36,2
2007	66 660	5,2	39 635	9,0	27 025	7,3	2008	24 458	36,7
2008	52 564	6,0	31 555	11,2	21 010	7,9	2009	23 642	45,0
2009	30 920	6,4	20 520	9,8	10 399	9,7	2010	9 549	30,9
2010	35 795	6,1	20 351	13,9	15 444	9,2	2011	10 708	29,9
2011	63 162	6,1	29 394	16,8	33 768	8,8	2012	21 956	34,8
2012	74 997	6,6	48 969	11,7	26 028	8,5	2013		

Tableau 2. Points de référence qui conviennent à l'approche de précaution pour le stock de crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent et les valeurs de points d'inflexion et les autres valeurs de référence proposées par le groupe de travail pour formuler les candidats de règles de décision.

Acronyme de la valeur référence	Définition	Valeur de référence (unités)
B_{lim}	Point de référence limite de la biomasse qui sépare la zone critique de la zone de prudence	10 000 t (biomasse de crabe male adulte de carapace dure après la pêche tel que mesurée dans le relevé)
B_{NRS}	Niveau de référence supérieur de la biomasse qui sépare la zone de prudence de la zone saine	41 400 t (biomasse de crabe male adulte toutes conditions de carapace tel que mesurée dans le relevé)
F_{RMS} (F_{lim})	Taux de prélèvement qui correspond à B_{RMS} , correspond aussi au taux de prélèvement maximal dans la zone saine	0,346 (débarquement de l'année t divisé par la biomasse commerciale disponible selon le relevé de l'année t-1)
B_{RMS}	Biomasse correspondant au rendement maximal soutenable	51 700 t (calculé en prenant 50% de la biomasse commerciale maximale estimée de crabe mâle adulte durant une période productive correspondant aux années 1997 à 2008 du relevé)
B_{crit}	Valeur de biomasse dans la zone de prudence à laquelle le taux d'exploitation est réduit à ER_{crit} lorsque la biomasse du stock exploitable est inférieure à B_{crit}	À définir par l'utilisateur, mais qui est supérieur à B_{lim} et inférieur à B_{NRS}
B_{low}	Valeur de la biomasse dans la zone de prudence correspondant à un taux d'exploitation de ER_{low} , agit de point charnière pour la règle du taux d'exploitation dans la zone de prudence	À définir par l'utilisateur (les membres de l'industrie ont proposé la valeur de la biomasse en 2010 de 36 000 t et le taux d'exploitation correspondant en 2011 de 0,30, selon le plan de pêche négocié)
B_{max}	Niveau de la biomasse maximale dans la zone saine auquel s'applique le taux d'exploitation maximal (voir ER_{max})	<ul style="list-style-type: none"> • 103 400 t (la biomasse commerciale maximale de crabe male adulte toutes conditions de carapace mesurée dans le relevé de 2004) • 61 700 t (valeur proposée par l'industrie correspondante à $B_{RMS} + 10 000$ t)
ER_{crit}	Taux d'exploitation maximal lorsque le stock est dans la zone critique	À définir par l'utilisateur (par défaut, une valeur de 0 est utilisée, mais peut être ajustée pour explorer des candidats de règles de décision)

Acronyme de la valeur référence	Définition	Valeur de référence (unités)
ER _{low}	Taux d'exploitation dans la zone de prudence qui correspond à B _{low} , agit point charnière pour établir la règle d'exploitation dans la zone de prudence	À définir par l'utilisateur (les membres de l'industrie ont proposé la valeur de 0,30 correspondant au taux d'exploitation négocié pour la pêche en 2011 sur une biomasse de 36 000 t du relevé de 2010, voir B _{low})
ER _{targ}	Taux d'exploitation cible and la zone saine lorsque la biomasse est > B _{NRS} et < B _{max}	À définir par l'utilisateur (les membres de l'industrie ont proposé une règle de marche successive avec le taux d'exploitation qui varie selon la tendance temporelle du recrutement) 0,382 si le recrutement est en augmentation 0,362 si le recrutement est en diminution
ER _{max}	Taux d'exploitation maximal dans la zone saine lorsque la biomasse est > B _{max}	À définir par l'utilisateur <ul style="list-style-type: none"> • 0,450 (débarquement de 23 642 t dans la pêche de 2009 retiré d'une biomasse commerciale estimée de 52 564 t selon le relevé de 2008) • 0,3979 (les membres de l'industrie ont proposé cette valeur lorsque la biomasse estimée est >= 61 700 t)
TAC _{min}	Minimum de la capture totale admissible	À définir par l'utilisateur (par défaut une valeur de 0, mais peut être variée s'il y a un TAC minimal pour des considérations socio-économiques ou pour évaluation)

Tableau 3. Critères pour évaluer la performance des règles de décision pour la conformité à l'approche de précaution et les catégories de risques selon MPO (2009).

Critères de conservation de la ressource	
•	Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)
•	Nombre d'années durant lesquelles la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)
•	Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)
•	État de la biomasse dans les zones de l'état du stock (d'année en année)
○	Saine à saine
○	Saine à prudence
○	Saine à critique
○	Prudence à prudence
○	Prudence à critique
○	Critique à critique
○	Critique à prudence
○	Critique à saine
○	Prudence à saine
Critères socio-économiques	
•	Nombre d'années que la pêche est fermée (ou sous un seuil de valeur de TAC)
•	Somme des TAC sur toutes les années
•	Moyenne des TAC sur toutes les années
•	Moyenne des TAC lorsque la pêche est ouverte
•	Minimum et maximum des TAC sur toutes les années
•	Moyenne (%) de la biomasse comprise par le recrutement (condition de carapace 3)

Risque de déclin ¹	Catégorie de risque
< 5%	Très faible
5% - 25%	Faible
25% - 50%	Modéré
~50%	Neutre
50%-75%	Modérément élevé
75%-95%	Élevé
>95%	Très élevé

¹ ne comprends que les risques qui sont quantifiables

Tableau 4. Critères qui peuvent servir à choisir les points d'inflexion pour la règle linéaire dans la zone de prudence selon le nombre d'années que la biomasse résiduelle est $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$) (tableau du haut) et le nombre d'années que la pêche aurait été fermée (tableau de bas). La cellule en gris avec bordure ($\alpha = 1,7$; $\beta = 1,55$) est celle qui correspond aux paramètres de l'une des règles au tableau 5.

α	β																						
	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,8	1,85	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
Nombre d'années avec la biomasse résiduelle $< B_{lim}$ ($P > 0,05$)																							
1	12	9	8	8	7	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1	0
1,1	11	8	8	7	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	1	0	0
1,2	11	8	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0	0	0
1,3	11	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1,4	9	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1,5	9	5	5	5	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1,6	8	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1,7	6	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,8	5	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,9	5	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre d'années que la pêche est fermée																							
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,7	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,8	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,9	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Tableau 5. Performance de la règle linéaire par défaut dans la zone de prudence et la règle linéaire dans la zone saine pour les années avec des biomasses de recrutement observées (1998 à 2012) et des biomasses de recrutement simulées (2013 à 2047). La première valeur dans chaque cellule représente la performance pour la série en entier (1998 à 2047, 50 années) tandis que la valeur qui suit en parenthèse est pour la série des années 1998 à 2012 (15 an). Pour les règles qui comprennent des paramètres selon la tendance du recrutement, les valeurs des paramètres en parenthèses correspondent respectivement au paramètre pour le recrutement en augmentation et pour le recrutement en diminution. Les figures correspondantes pour ce tableau sont aux figures 5 et 6.

Paramètres de la règle	Sans tenir compte de la tendance du recrutement			Tenant compte de la tendance du recrutement		
	A: $\alpha = 1$, $\beta = 1$	B: $\alpha = 1,7$, $\beta = 1,1$	C: $\alpha = 1,7$, $\beta = 1,55$	D: $\alpha = (1,7; 2,0)$, $\beta = 1,4$	E: $\alpha = 1,7$, $\beta = (1,4, 1,55)$	F: $\alpha = (1,7, 1,8)$, $\beta = (1,4, 1,5)$
Critères de conservation de la ressource						
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	12 (1) ☒	2 (0) ?	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	12 (1) ☒	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)						
Saine à saine	26 (13)	28 (13)	32 (15)	30 (15)	32 (15)	32 (15)
Saine à prudence	4 (1)	4 (1)	3 (0)	3 (0)	3 (0)	3 (0)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	16 (0)	14 (0)	12 (0)	14 (0)	12 (0)	12 (0)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	4 (1)	4 (1)	3 (0)	3 (0)	3 (0)	3 (0)
Conforme à l'AP (Non = ☒; Oui = ✓)	☒	?	✓	✓	✓	✓
Critères socio-économiques						
Nombre d'années que la pêche est fermée	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	894 777 (358 217)	880 522 (356 506)	848 027 (342 238)	857 118 (347 267)	852 859 (346 007)	854 321 (346 435)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	17 896 (23 881)	18344 (23 767)	16 961 (22 816)	17 142 (23 151)	17 057 (23 067)	17 086 (23 096)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	604 à 47 353 (10 634 à 40 871)	228 à 47 391 (9 573 à 40 875)	88 à 47 491 (8 489 à 40 920)	109 à 47 464 (8 830 à 40 904)	95 à 47,466 (8 971 à 40 906)	97 à 47 463 (8,916 à 40 904)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	54,7% (61,2%)	53,2% (60,9%)	50,6% (58,4%)	51,3% (59,2%)	50,9% (58,9%)	51,0% (59,0%)

Tableau 6. Performance de la règle de pas successive dans la zone saine avec deux alternatives de règle (seuil, et intermédiaire) dans la zone de prudence pour les années avec des biomasses de recrutement observées (1998 à 2012) et des biomasses de recrutement simulées (2013 à 2047). Le tableau est interprété comme décrit au tableau 5. Les figures correspondantes pour ce tableau sont aux figures 7 et 8.

Paramètres de la règle	Règle du seuil dans la zone de prudence		Règle intermédiaire dans la zone de prudence		
	A: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 21,000 \text{ t}$	B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28,000 \text{ t}$	D: $\alpha = 1,7, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36,000,$ $ER_{low} = 0,30$	E: $\alpha = 1,8, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36,000,$ $ER_{low} = 0,29$	F: $\alpha = (2,0, 2,3), \beta = 1,1$ $B_{low} = 36,000,$ $ER_{low} = 0,26$
Critères de conservation de la ressource					
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	2 (0) ?	0 (0) ✓	7 (1) ☒	2 (0) ?	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	5 (1) ☒	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	2 (0)	0 (0)	2 (0)	2 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)					
Saine à saine	26 (12)	26 (12)	26 (12)	26 (12)	26 (12)
Saine à prudence	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	16 (1)	16 (1)	16 (1)	16 (1)	16 (1)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ☒; Oui = ✓)	?	✓	☒	?	✓
Critères socio-économiques					
Nombre d'années que la pêche est fermée	7 (0)	11 (0)	2 (0)	2 (0)	5 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	926 416 (372 773)	916 682 (372 753)	931 347 (374 128)	928 935 (373 820)	921 595 (372 982)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	21 545 (24 852)	23 505 (24 850)	19 403 (24 942)	19 353 (24 921)	20 480 (24 865)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	2 938 à 51 065 (10 022 à 44 358)	6 310 à 51 064 (10 020 à 44 356)	157 à 51 047 (10 872 à 44 356)	12 à 51 053 (10 658 à 44 356)	13 à 51 061 (10 121 à 44 358)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	55,6% (64,1%)	54,7% (64,1%)	56,1% (64,4%)	55,9% (64,3%)	55,1% (64,1%)

Tableau 7. Performance de la règle de proportionnalité dans la zone saine avec par défaut la règle linéaire dans la zone de prudence pour les années avec des biomasses de recrutement observées (1998 à 2012) et des biomasses de recrutement simulées (2013 à 2047). Le tableau est interprété comme décrit au tableau 5. Pour les règles qui comprennent des paramètres selon la tendance du recrutement, les valeurs des paramètres en parenthèses correspondent respectivement aux paramètres pour le recrutement en augmentation et pour le recrutement en diminution. Les figures correspondantes pour ce tableau sont aux figures 9.

	Sans tenir compte de la tendance du recrutement			Tenant compte de la tendance du recrutement
	A: $\alpha= 1,$ $\beta = 1$	B: $\alpha= 1,7,$ $\beta = 1,1$	C: $\alpha= 1,9,$ $\beta = 1,3$	D: $\alpha= 1,9,$ $\beta = (1,1, 1,3)$
Critères de conservation de la ressource				
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	15 (4) ☒	2 (0) ?	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	15 (4) ☒	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)				
Saine à saine	25 (12)	27 (12)	27 (12)	27 (12)
Saine à prudence	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	17 (1)	15 (1)	15 (1)	15 (1)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ☒; Oui = ✓)	☒	?	✓	✓
Critères socio-économiques				
Nombre d'années que la pêche est fermée	0 (0)	2 (0)	2 (0)	2 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	963 971 (383 575)	946 775 (380 019)	923 548 (371 089)	933 229 (377 989)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	19 279 (25 572)	19 724 (25 335)	19 241 (24 739)	19 442 (25 199)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	603 à 56 138 (10 346 à 51 506)	227 à 56 159 (9 743 à 51 652)	62 à 56 194 (8 773 à 51 998)	60 à 56 162 (9 578 à 51 652)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	58,2% (66,2%)	56,4% (65,4%)	54,5% (63,6%)	55,2% (64,8%)

Tableau 8. Comparaisons des règles de décision qui pourraient être conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit moins de 5% que la biomasse reproductrice soit $\leq B_{lim}$ à cause de la pêche durant l'année.

	Règle linéaire	Règle de la marche successive	Règle de la marche successive	Règle de proportionnalité
	B: $\alpha= 1,7$, $\beta = 1,1$ Figure 5	A: $\alpha= 1$, $\beta = 1,1$ $B_{crit} = 21,000$ t Figure 7	E: $\alpha= 1,8$, $\beta = 1,1$ $B_{low} = 36,000$, $ER_{low} = 0,29$ Figure 8	B: $\alpha= 1,7$, $\beta = 1,1$ Figure 9
Critères de conservation de la ressource				
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ (P > 0,05)	2 (0) ?	2 (0) ?	2 (0) ?	2 (0) ?
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ (P > 0,05)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ (P > 0,05)	2 (0)	2 (0)	2 (0)	2 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)				
Saine à saine	28 (13)	26 (12)	26 (12)	27 (12)
Saine à prudence	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	14 (0)	16 (1)	16 (1)	15 (1)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ✗; Oui = ✓)	?	?	?	?
Critères socio-économiques				
Nombre d'années que la pêche est fermée	2 (0)	7 (0)	2 (0)	2 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	880 522 (356 506)	926 416 (372 773)	928 935 (373 820)	946 775 (380 019)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	18 344 (23 767)	21 545 (24 852)	19 353 (24 921)	19 724 (25 335)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	228 à 47 391 (9 573 à 40 875)	2 938 à 51 065 (10 022 à 44 358)	12 à 51 053 (10 658 à 44 356)	227 à 56 159 (9 743 à 51 652)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	53,2% (60,9%)	55,6% (64,1%)	55,9% (64,3%)	56,4% (65,4%)

Tableau 9. Comparaisons des règles de décision qui sont conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit moins de 5% que la biomasse reproductrice soit $\leq B_{lim}$ à cause de la pêche durant toutes les années.

	Sans tenir compte de la tendance du recrutement		Tenant compte de la tendance du recrutement			
	Règle linéaire	Règle de proportionnalité	Règle linéaire	Règle de la marche successive	Règle de la marche successive	Règle de proportionnalité
	C: $\alpha = 1,7$, $\beta = 1,55$ Figure 5	C: $\alpha = 1,9$, $\beta = 1,3$ Figure 9	D: $\alpha = (1,7; 2,0)$, $\beta = 1,4$ Figure 6	B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28,000$ t Figure 7	F: $\alpha = (2,0, 2,3)$, $\beta = 1,1$ $B_{low} = 36,000$, $ER_{low} = 0,26$ Figure 8	D: $\alpha = 1,9$, $\beta = (1,1, 1,3)$ Figure 9
Critères de conservation de la ressource						
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock(début et fin sur un an)						
Saine à saine	32 (15)	27 (12)	30 (15)	26 (12)	26 (12)	27 (12)
Saine à prudence	3 (0)	4 (1)	3 (0)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	12 (0)	15 (1)	14 (0)	16 (1)	16 (1)	15 (1)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	3 (0)	4 (1)	3 (0)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ✗; Oui = ✓)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Critères socio-économiques						
Nombre d'années que la pêche est fermée	0 (0)	2 (0)	0 (0)	11 (0)	5 (0)	2 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	848 027 (342 238)	923 548 (371 089)	857 118 (347 267)	916 682 (372 753)	921 595 (372 982)	933 229 (377 989)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	16 961 (22 816)	19 241 (24 739)	17 142 (23 151)	23 505 (24 850)	20 480 (24 865)	19 442 (25 199)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	88 à 47 491 (8 489 à 40 920)	62 à 56 194 (8 773 à 51 998)	109 à 47 464 (8 830 à 40 904)	6 310 à 51 064 (10 020 à 44 356)	13 à 51 061 (10 121 à 44 358)	60 à 56 162 (9 578 à 51 652)
Moyenne (%) du recrutement	50,6%	54,5%	51,3%	54,7%	55,1%	55,2%

	Sans tenir compte de la tendance du recrutement		Tenant compte de la tendance du recrutement			
	Règle linéaire	Règle de proportionnalité	Règle linéaire	Règle de la marche successive	Règle de la marche successive	Règle de proportionnalité
	C: $\alpha = 1,7$, $\beta = 1,55$ Figure 5	C: $\alpha = 1,9$, $\beta = 1,3$ Figure 9	D: $\alpha = (1,7; 2,0)$, $\beta = 1,4$ Figure 6	B: $\alpha = 1$, $\beta = 1,1$ $B_{crit} = 28,000$ t Figure 7	F: $\alpha = (2,0, 2,3)$, $\beta = 1,1$ $B_{low} = 36,000$, $ER_{low} = 0,26$ Figure 8	D: $\alpha = 1,9$, $\beta = (1,1, 1,3)$ Figure 9
dans la biomasse commerciale	(58,4%)	(63,6%)	(59,2%)	(64,1%)	(64,1%)	(64,8%)

FIGURES

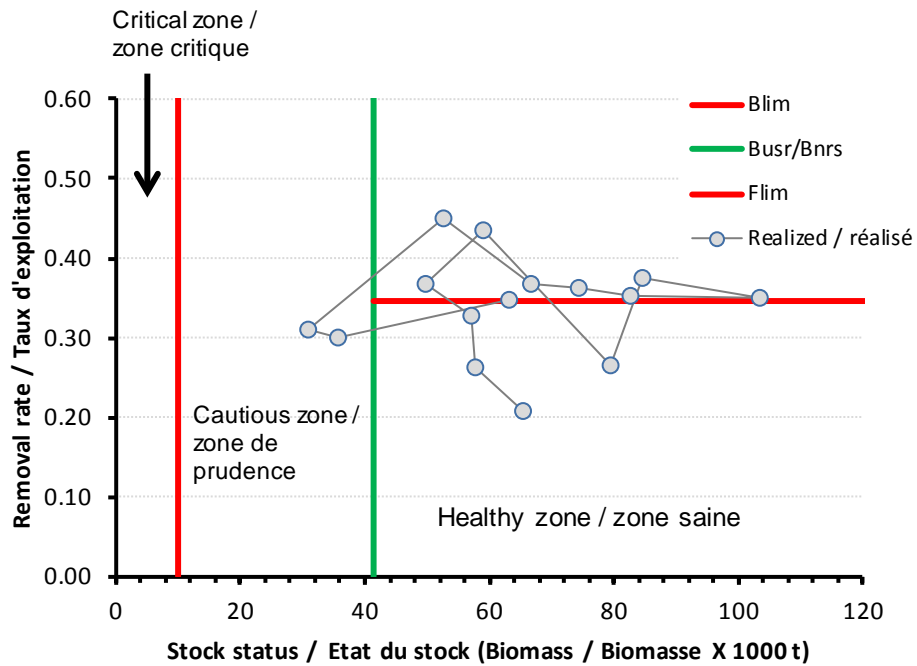


Figure 1. Graphique de l'approche de précaution avec les points de référence, les zones de l'état du stock, et l'historique de la biomasse commerciales et des taux d'exploitation pour le stock de crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent pour les pêcheries de 1998 à 2012.

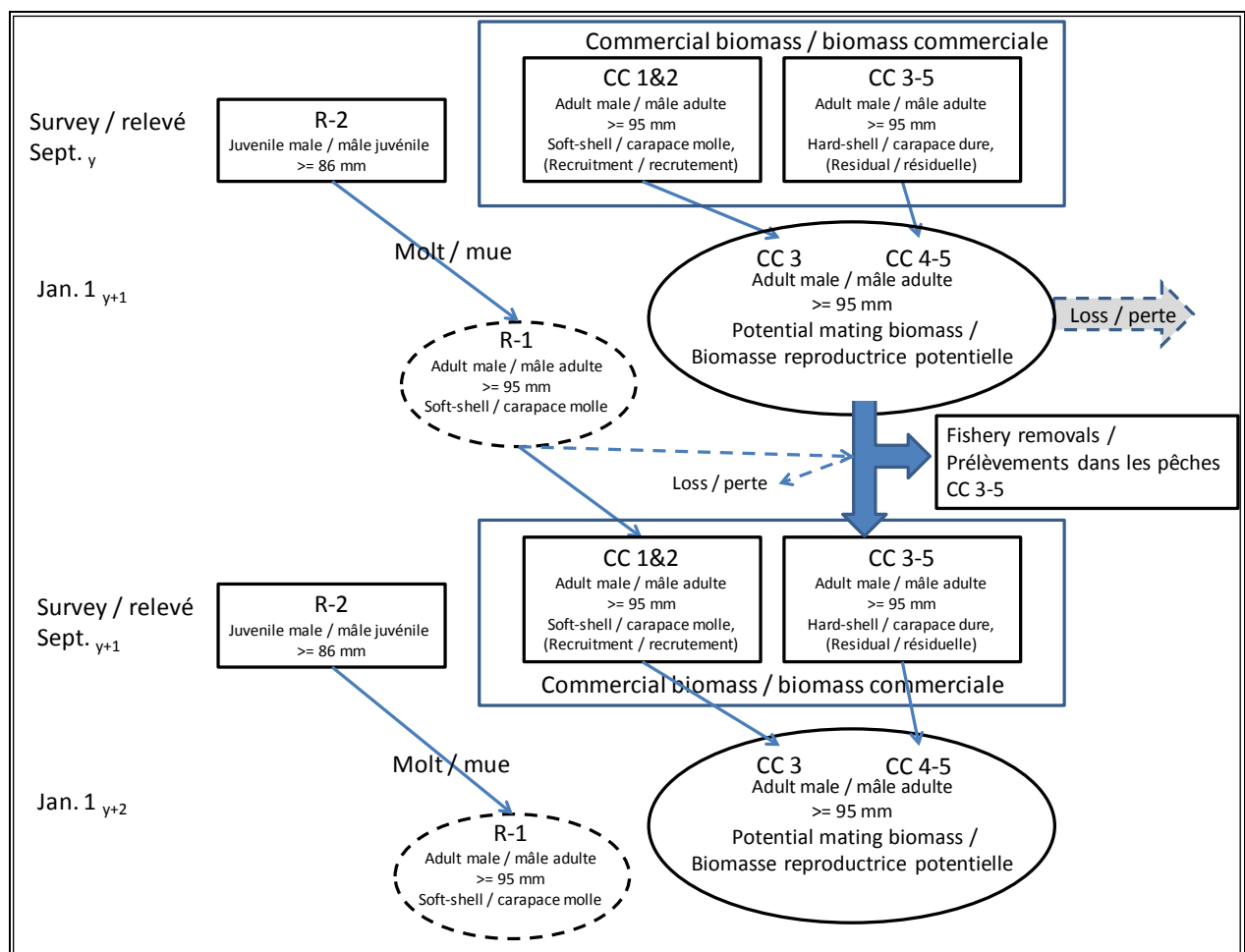


Figure 2. Schéma illustratif de la chronologie et de la terminologie servant à décrire les stades des mâles juvéniles avant la mue terminale (R-2) passant au stade adulte de taille commerciale (largeur de carapace ≥ 95 mm) exprimés en biomasses de recrutement (R-1 ; condition de carapace 1 et 2, carapace molle) et de résiduelle (condition de carapace 3 à 5 ; carapace dure). De la date du premier janvier, les crabes à carapace molle (recrutement) du relevé de l'été et de l'automne deviennent du crabe de carapace dure, peuvent s'accoupler, et la somme de leur biomasse et de la biomasse résiduelle du relevé représente la biomasse reproductrice potentielle et la biomasse commerciale exploitable dans la pêcherie.

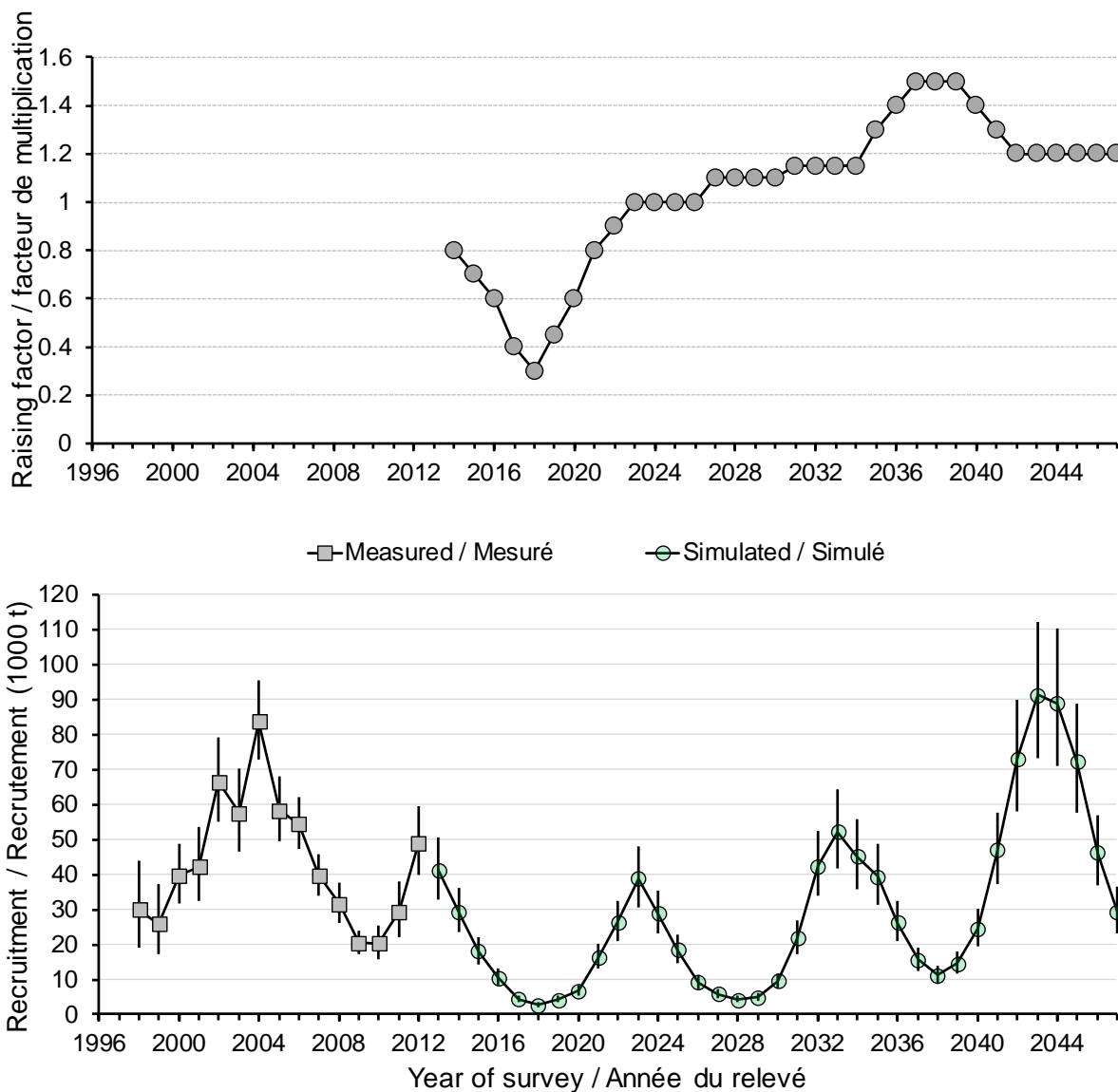


Figure 3. Facteurs multiplicatifs (panneau du haut) et les valeurs de biomasses des recrutements mesurés et simulés (panneau du bas) pour le sud du golfe du Saint-Laurent. Les valeurs absolues de la série simulée sont arbitraires mais fondées sur les hypothèses de la périodicité des variations des recrutements mesurés dans les stocks de crabe des neiges. Les moyennes annuelles des recrutements simulés sont calculées comme les produits des valeurs moyennes des recrutements des neuf à onze années antérieures et le facteur multiplicatif correspondant pour cette année.

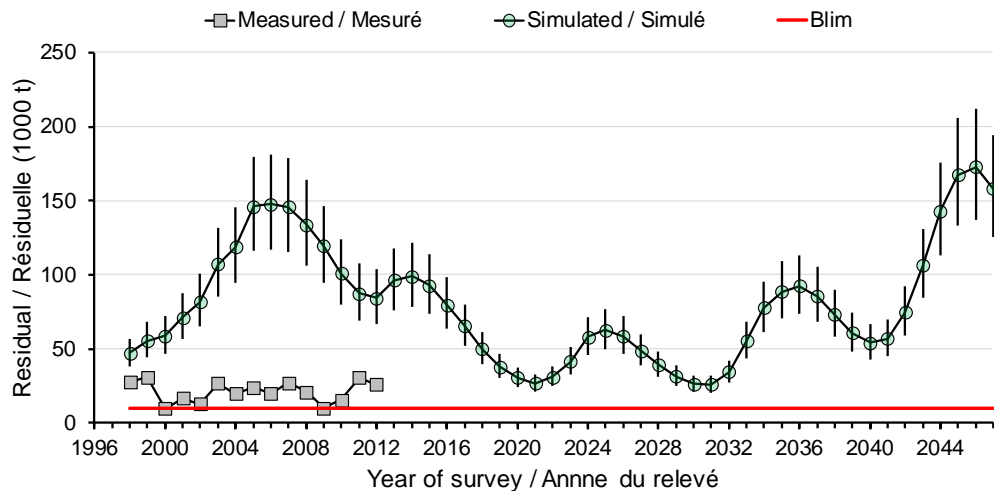
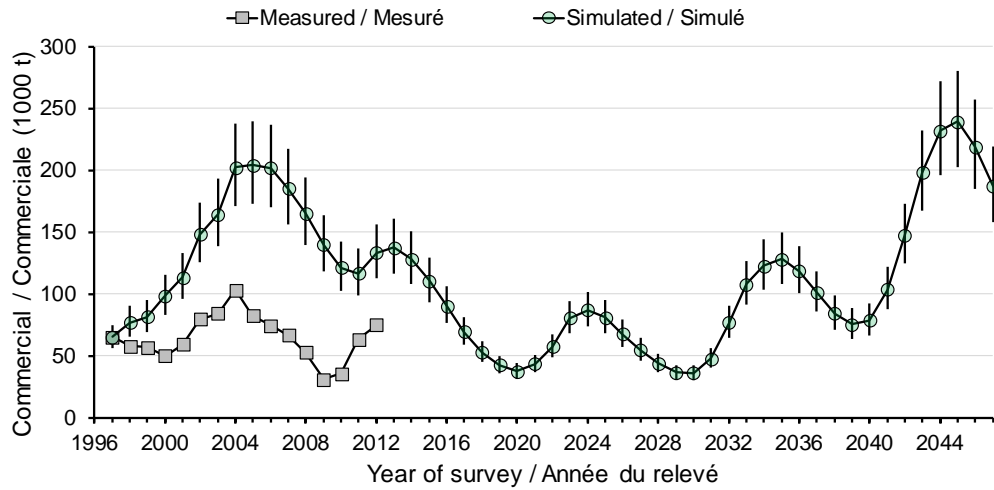
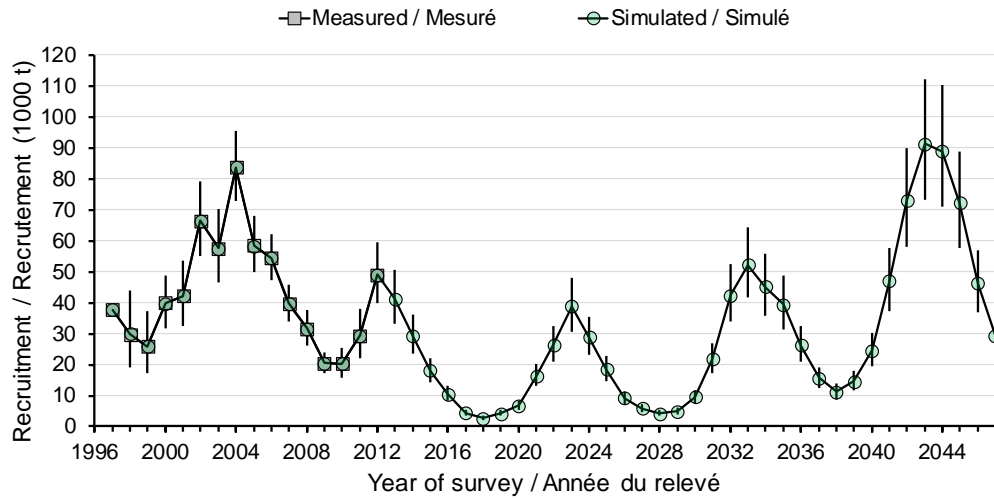
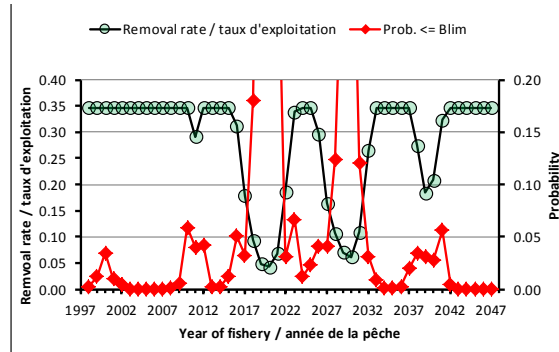
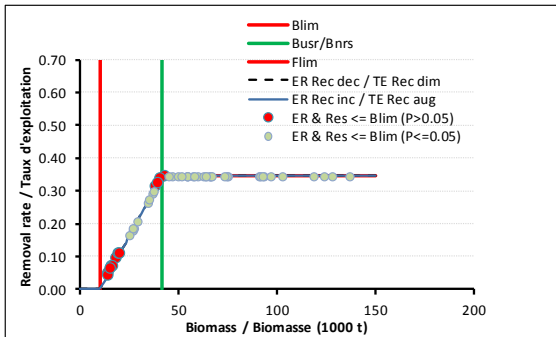
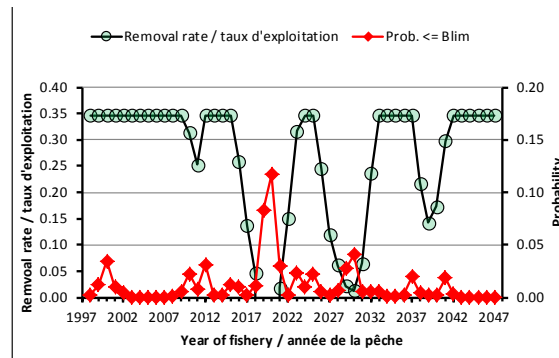
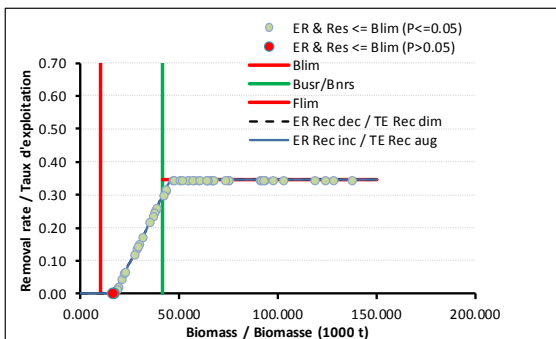


Figure 4. Tendances temporelles des recrutements simulés (panneau du haut), des biomasses commerciales simulées (panneau du milieu), et des biomasses résiduelles simulées (panneau du bas) sans exploitation par les pêches.

A: $\alpha = 1, \beta = 1$



B: $\alpha = 1,7, \beta = 1,1$



C: $\alpha = 1,7, \beta = 1,55$

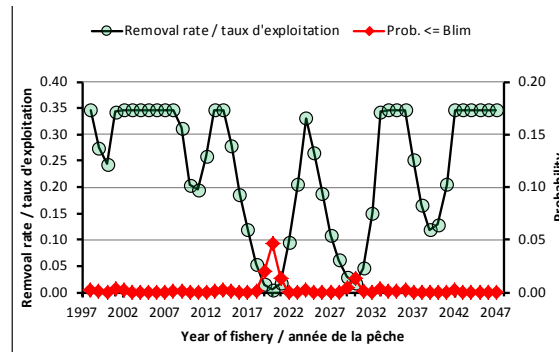
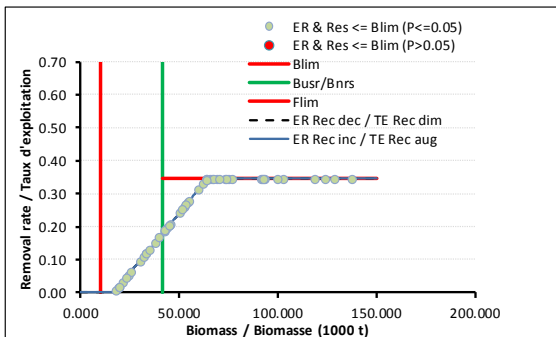
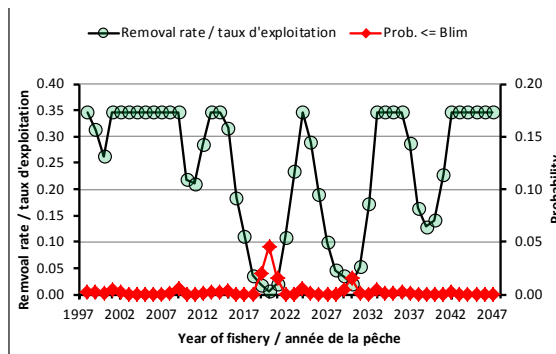
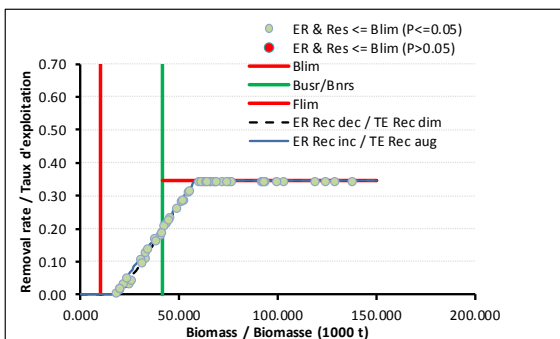
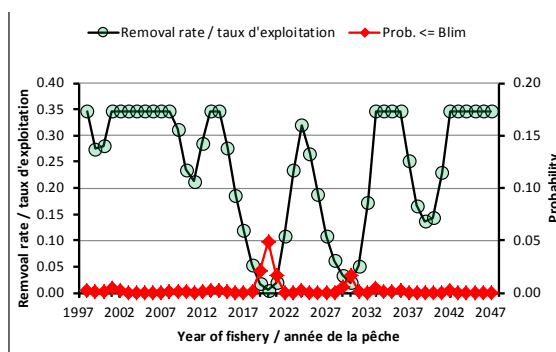
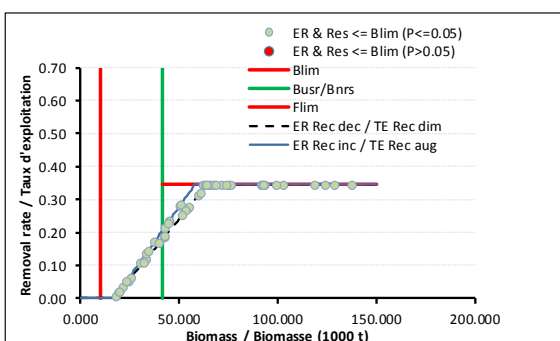


Figure 5. Figures sommaires de la performance de la règle linéaire par défaut dans la zone de prudence pour les séries de recrutement mesurés (1998 à 2012) et les recrutements simulés (2013 à 2047) sans ajustement des règles pour la tendance du recrutement. Les valeurs de performance pour ces règles sont présentées au tableau 5.

D: $\alpha = (1,7, 2,0)$, $\beta = 1,4$



E: $\alpha = 1,7$, $\beta = (1,4, 1,55)$



F: $\alpha = (1,7, 1,8)$, $\beta = (1,4, 1,5)$

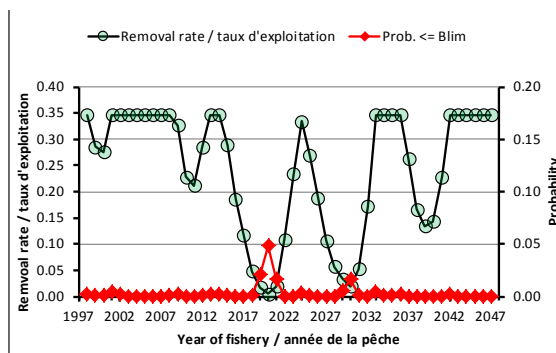
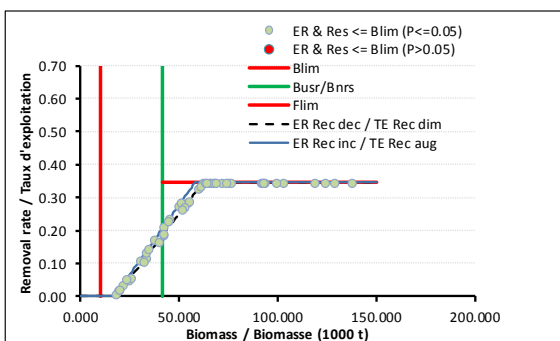
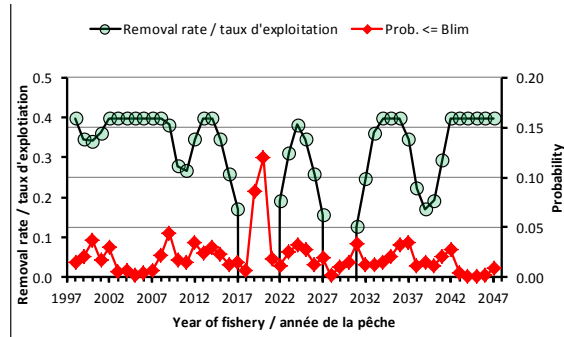
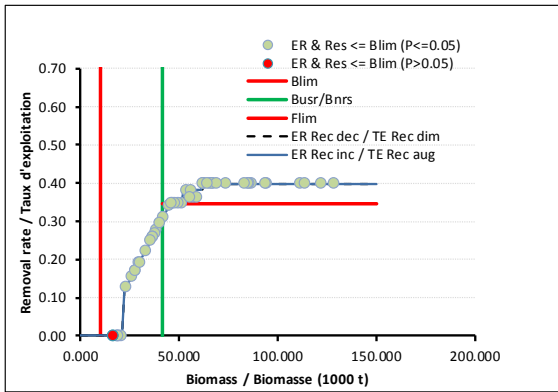


Figure 6. Figures sommaires de la performance de la règle linéaire par défaut dans la zone de prudence qui tient compte de la tendance inter-annuelle dans les séries de recrutement mesurés (1998 à 2012) et les recrutements simulés (2013 à 2047). Les valeurs de performance pour ces règles sont présentées au tableau 5.

A: $\alpha = 1, \beta = 1, B_{crit} = 21,000$



B: $\alpha = 1, \beta = 1, B_{crit} = 28,000$

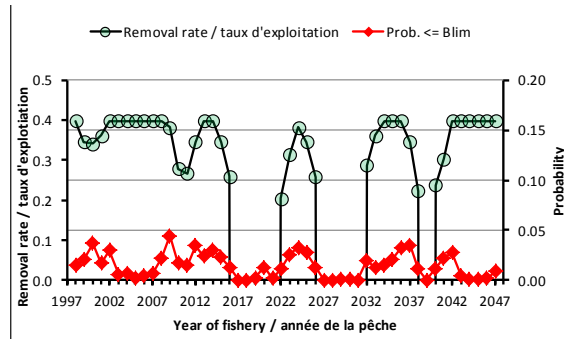
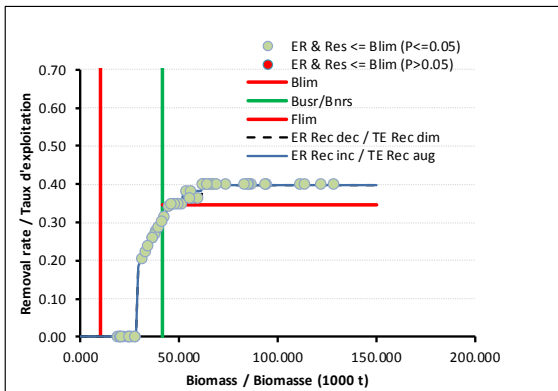
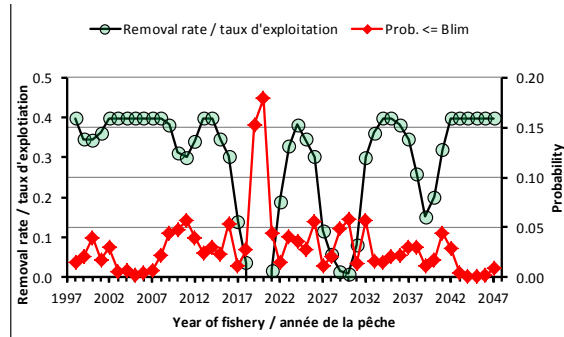
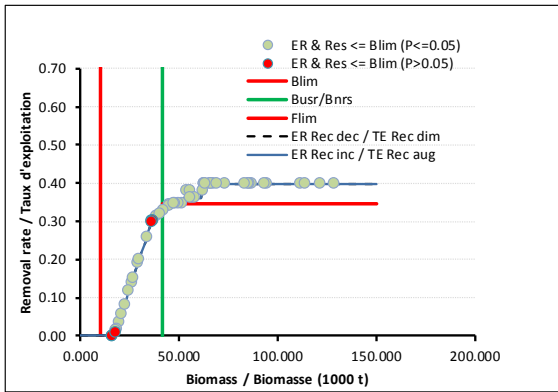
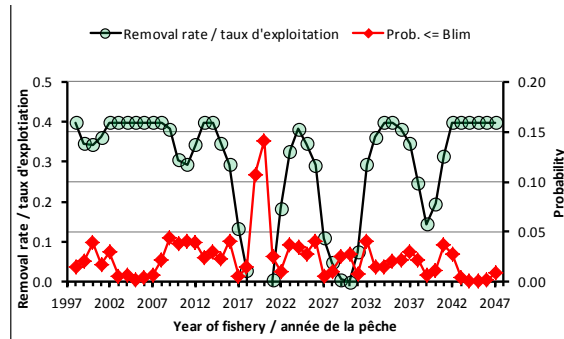
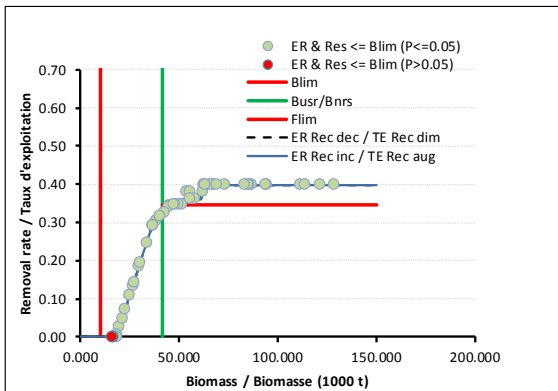


Figure 7. Figures sommaires de la performance de la règle à marche successive dans la zone saine et la règle du seuil dans la zone de prudence pour les séries de recrutement mesurés (1998 à 2012) et les recrutements simulés (2013 à 2047). Les valeurs de performance pour ces règles sont présentées au tableau 6.

D: $\alpha = 1,7$, $\beta = 1,1$, $B_{low} = 36,000$, $ER_{low} = 0,30$



E: $\alpha = 1,8$, $\beta = 1,1$, $B_{low} = 36,000$, $ER_{low} = 0,29$



F: $\alpha = (2,0, 2,3)$, $\beta = 1,1$, $B_{low} = 36,000$, $ER_{low} = 0,26$

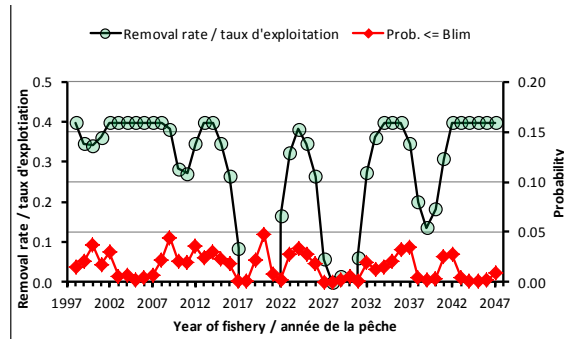
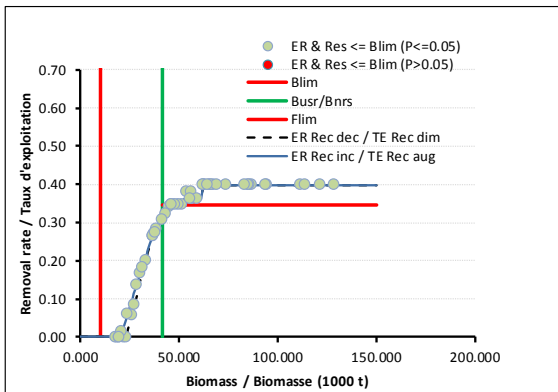
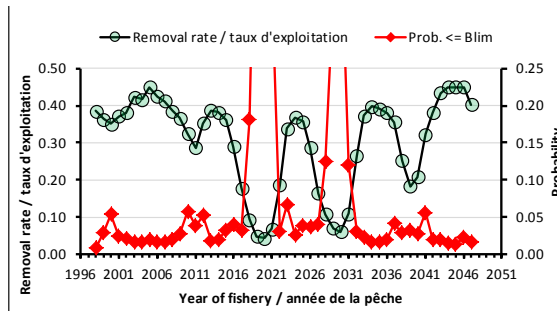
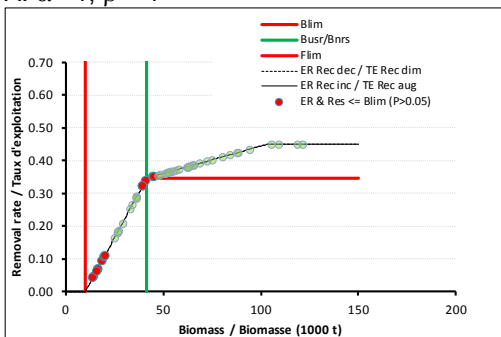
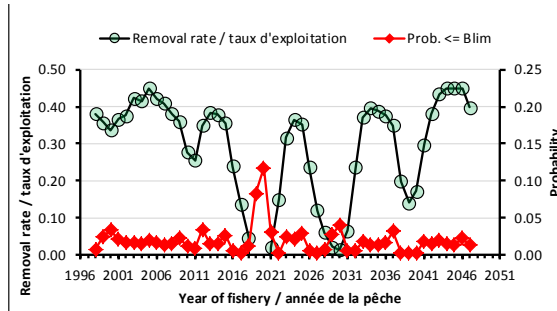
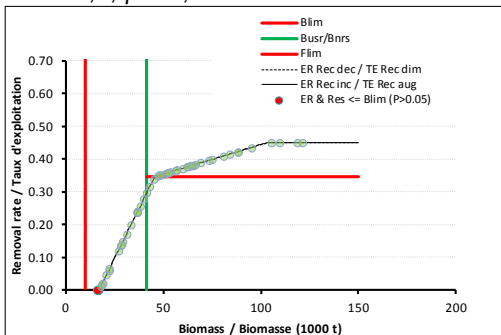


Figure 8. Figures sommaires de la performance de la règle à marche successive dans la zone saine et la règle intermédiaire dans la zone de prudence pour les séries de recrutement mesurés (1998 à 2012) et les recrutements simulés (2013 à 2047). Les valeurs de performance pour ces règles sont présentées au tableau 6.

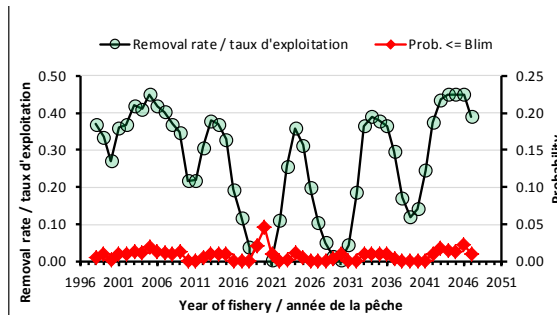
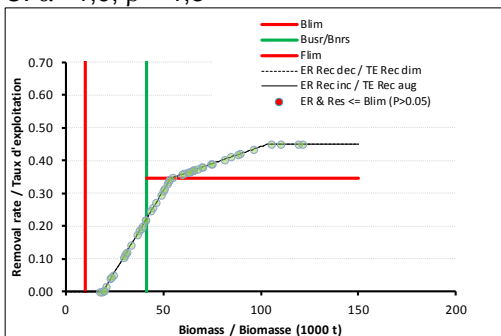
A: $\alpha = 1, \beta = 1$



B: $\alpha = 1,7, \beta = 1,1$



C: $\alpha = 1,9, \beta = 1,3$



D: $\alpha = 1,9, \beta = (1,1, 1,3)$

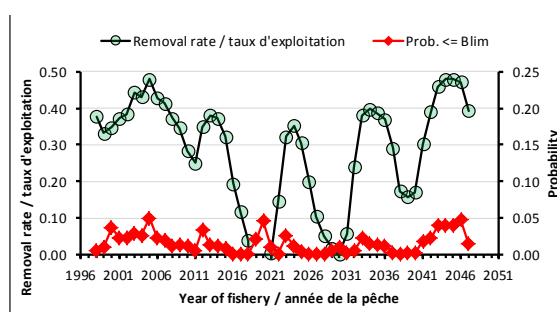
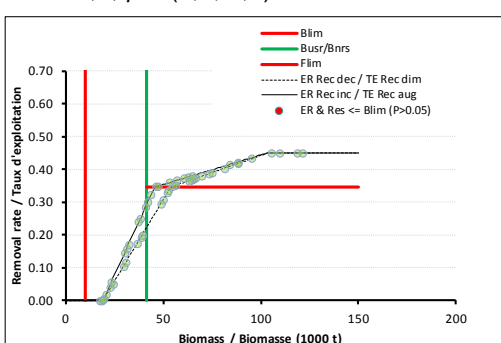


Figure 9. Figures sommaires de la performance de la règle de proportionnalité dans la zone saine et la règle linéaire dans la zone de prudence pour les séries de recrutement mesurés (1998 à 2012) et les recrutements simulés (2013 à 2047). Les valeurs de performance pour ces règles sont présentées au tableau 7.

ANNEXES

Annexe 1. Membres du groupe de travail conjoint du MPO et de l'industrie sur les règles de décision pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent.

Nom	Affiliation
Adams, Brian	North of Smokey – Inverness South Fishermen's Association
Beaton, Gordon	Maritimes Fishermen's Union (Local 4)
Bonnell, Chris	Esgenoopetij First Nation
Bonnell, Dean	Esgenoopetij First Nation
Boudreau, Paul	Regroupement des pêcheurs professionnels des îles de la Madeleine
Bourque, Bruno Pierre	Groupe de pêcheurs de la zone F
Campbell, Tommy	Area 19 Snow Crab Fishermen's Association
Chaput, Gérald	MPO Sciences
Courtenay, Robert	North of Smokey – Inverness South Fishermen's Association
Couture, John	Unama'ki Institute
Desbois, Daniel	Association des Crabiers Gaspésiens
Francis, Cory	Mi'kmaw Conservation Group
Gionet, Joël	Association des crabiers acadiens
Haché, Robert	Association des crabiers acadiens
Hardy, Matthew	DFO Fisheries and Aquaculture Management
Hébert, Marcel	MPO Sciences
Hébert, Réjean	MPO Gestions des pêches et de l'aquaculture
Hennessey, Frank	Area 12E Representative
Lambert-Koizumi, Catherine	Association de gestion halieutique autochtone Mi'kmaq et Malécite
Landry, Jérôme	Groupe de pêcheurs de la zone F
Lanteigne, Marc	MPO Sciences
Leblanc, Léonard	Gulf of NS Fishermen's Coalition
MacEachern, Leroy	MPO Gestions des pêches et de l'aquaculture
MacLean, Basil	Area 19 Snow Crab Fishermen's Association
Mallet, Manon	MPO Politiques et économies
Metallic, Christopher	Listuguj Mi'gMaq
Morin, Bernard	MPO Gestions des pêches et de l'aquaculture
Moriyasu, Mikio	MPO Sciences
Nikoloyuk, Jordan	Atlantic Policy Congress of First Nation Chiefs
Noël, Hubert	Crabiers du Nord-Est
Noël, Martin	Association des pêcheurs professionnels crabiers acadiens Inc.
Norsworthy, Peter	Affiliation of Seafood Producers of Nova Scotia
Richard, Josée	MPO Gestions des pêches et de l'aquaculture
Thiboutot, Chantale	MPO Gestions des pêches et de l'aquaculture

Annexe 2, Tableau 1. Variantes supplémentaires de la règle linéaire dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle <= Blim dans toutes les années de la simulation.

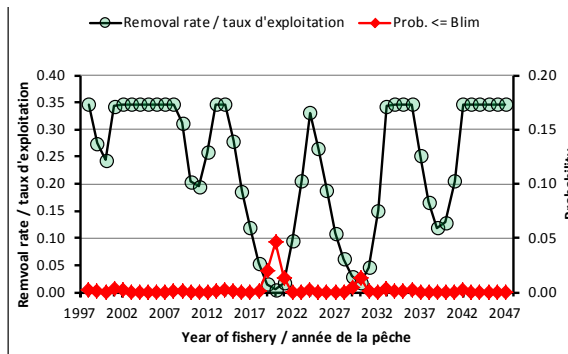
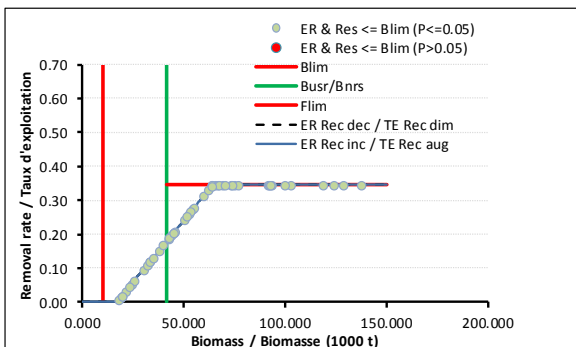
	Sans tenir compte de la tendance du recrutement			
	Règle linéaire			
	A: $\alpha = 1,7, \beta = 1,55$	B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$	C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000\ t,$ $ER_{low} = 0,29$	D: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 27\ 000\ t$ $B_{low} = 36\ 000\ t,$ $ER_{low} = 0,29$
Critères de conservation de la ressource				
Nombre d'années que la biomasse résiduelle <= B_{lim} ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle <= B_{lim} ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle <= B_{lim} ($P > 0,05$)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)				
Saine à saine	32 (15)	27 (13)	27 (13)	27 (13)
Saine à prudence	3 (0)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	12 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	3 (0)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ☒; Oui = ✓)	✓	✓	✓	✓
Critères socio-économiques				
Nombre d'années que la pêche est fermée	0 (0)	11 (0)	7 (0)	11 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	848 027 (342 238)	873 910 (357 022)	879 663 (357 824)	878 817 (357 839)
Moyenne du TAC annuel pour toutes les années	16 961 (22 817)	17 478 (23 801)	17 593 (23 855)	17 576 (23 856)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	16 961 (22 816)	22 408 (23 801)	20 457 (23 855)	22 534 (23 856)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	88 à 47 491 (8 489 à 40 920)	6 324 à 47 379 (10 091 à 40 872)	49 à 47 366 (11 017 à 40 870)	7 125 à 47 365 (11 018 à 40 871)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	50,6% (58,4%)	52,6% (61%)	53,1% (61,2%)	53% (61,2%)

Annexe 2, Tableau 2. Les taux d'exploitation et les TAC par intervalle de 1000 t de biomasse commerciale de crabe des neiges pour les variantes de la règle linéaire dans la zone saine.

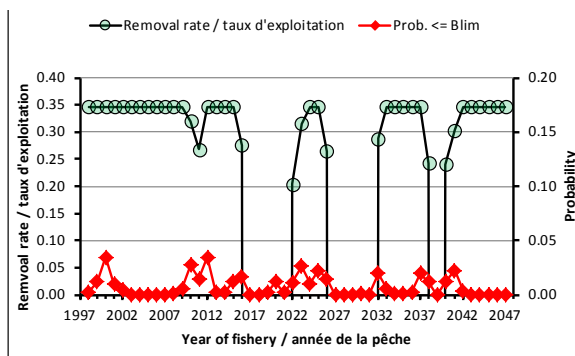
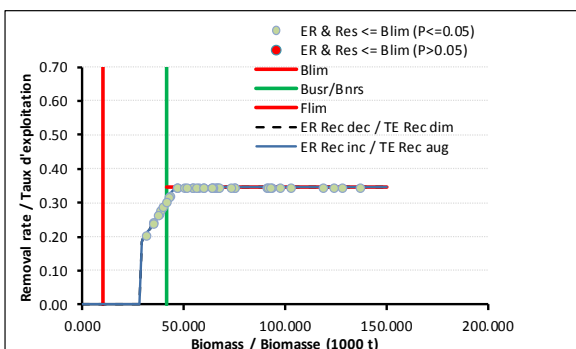
Biomasse (X 1000 t)	A: $\alpha = 1,7, \beta = 1,55$		B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$		C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000\ t,$ $ER_{low} = 0,29$		D: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 27\ 000\ t$ $B_{low} = 36\ 000\ t,$ $ER_{low} = 0,29$	
	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0,007	0,1	0	0	0	0	0	0
19	0,015	0,3	0	0	0	0	0	0
20	0,022	0,4	0	0	0	0	0	0
21	0,029	0,6	0	0	0	0	0	0
22	0,037	0,8	0	0	0	0	0	0
23	0,044	1,0	0	0	0	0	0	0
24	0,051	1,2	0	0	0	0	0	0
25	0,059	1,5	0	0	0,024	0,6	0	0
26	0,066	1,7	0	0	0,048	1,3	0	0
27	0,073	2,0	0	0	0,073	2,0	0	0
28	0,081	2,3	0	0	0,097	2,7	0,201	5,6
29	0,088	2,6	0,185	5,4	0,121	3,5	0,212	6,1
30	0,095	2,9	0,195	5,8	0,145	4,4	0,223	6,7
31	0,103	3,2	0,204	6,3	0,169	5,2	0,234	7,3
32	0,110	3,5	0,214	6,9	0,193	6,2	0,245	7,9
33	0,117	3,9	0,224	7,4	0,218	7,2	0,257	8,5
34	0,125	4,2	0,234	7,9	0,242	8,2	0,268	9,1
35	0,132	4,6	0,243	8,5	0,266	9,3	0,279	9,8
36	0,139	5,0	0,253	9,1	0,290	10,4	0,290	10,4
37	0,147	5,4	0,263	9,7	0,296	10,9	0,296	10,9
38	0,154	5,9	0,273	10,4	0,302	11,5	0,302	11,5
39	0,161	6,3	0,282	11,0	0,308	12,0	0,308	12,0
40	0,169	6,7	0,292	11,7	0,313	12,5	0,313	12,5
41	0,176	7,2	0,302	12,4	0,319	13,1	0,319	13,1
41,4	0,179	7,4	0,306	12,7	0,322	13,3	0,322	13,3
42	0,183	7,7	0,312	13,1	0,325	13,7	0,325	13,7
43	0,191	8,2	0,321	13,8	0,331	14,2	0,331	14,2
44	0,198	8,7	0,331	14,6	0,337	14,8	0,337	14,8
45	0,205	9,2	0,341	15,3	0,343	15,4	0,343	15,4
46	0,213	9,8	0,346	15,9	0,346	15,9	0,346	15,9
47	0,220	10,3	0,346	16,3	0,346	16,3	0,346	16,3
48	0,227	10,9	0,346	16,6	0,346	16,6	0,346	16,6
49	0,235	11,5	0,346	17,0	0,346	17,0	0,346	17,0
50	0,242	12,1	0,346	17,3	0,346	17,3	0,346	17,3
51	0,249	12,7	0,346	17,6	0,346	17,6	0,346	17,6
52	0,257	13,4	0,346	18,0	0,346	18,0	0,346	18,0
53	0,264	14,0	0,346	18,3	0,346	18,3	0,346	18,3
54	0,271	14,7	0,346	18,7	0,346	18,7	0,346	18,7
55	0,279	15,3	0,346	19,0	0,346	19,0	0,346	19,0
56	0,286	16,0	0,346	19,4	0,346	19,4	0,346	19,4
57	0,293	16,7	0,346	19,7	0,346	19,7	0,346	19,7
58	0,301	17,4	0,346	20,1	0,346	20,1	0,346	20,1
59	0,308	18,2	0,346	20,4	0,346	20,4	0,346	20,4
60	0,315	18,9	0,346	20,8	0,346	20,8	0,346	20,8
61	0,323	19,7	0,346	21,1	0,346	21,1	0,346	21,1

Biomasse (X 1000 t)	A: $\alpha = 1,7, \beta = 1,55$		B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$		C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000\ t,$ $ER_{low} = 0,29$		D: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 27\ 000\ t$ $B_{low} = 36\ 000\ t,$ $ER_{low} = 0,29$	
	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)
62	0,330	20,5	0,346	21,5	0,346	21,5	0,346	21,5
63	0,337	21,3	0,346	21,8	0,346	21,8	0,346	21,8
64	0,345	22,1	0,346	22,1	0,346	22,1	0,346	22,1
65	0,346	22,5	0,346	22,5	0,346	22,5	0,346	22,5
66	0,346	22,8	0,346	22,8	0,346	22,8	0,346	22,8
67	0,346	23,2	0,346	23,2	0,346	23,2	0,346	23,2
68	0,346	23,5	0,346	23,5	0,346	23,5	0,346	23,5
69	0,346	23,9	0,346	23,9	0,346	23,9	0,346	23,9
70	0,346	24,2	0,346	24,2	0,346	24,2	0,346	24,2

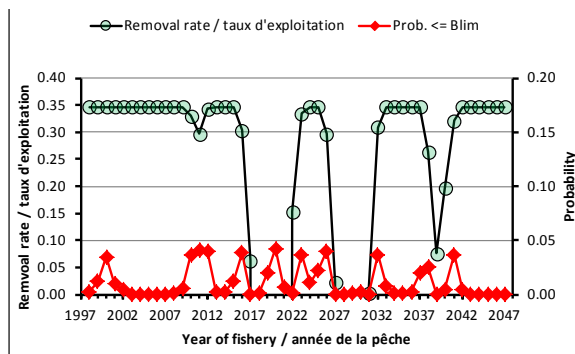
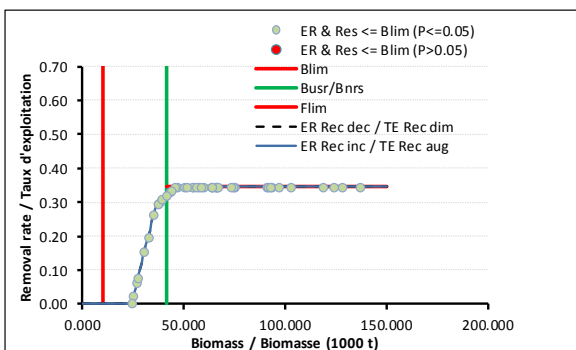
A: $\alpha = 1,7, \beta = 1,55$



B: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 28\ 000\ t$



C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1, B_{prud} = 36\ 000\ t, ER_{prud} = 0,29$

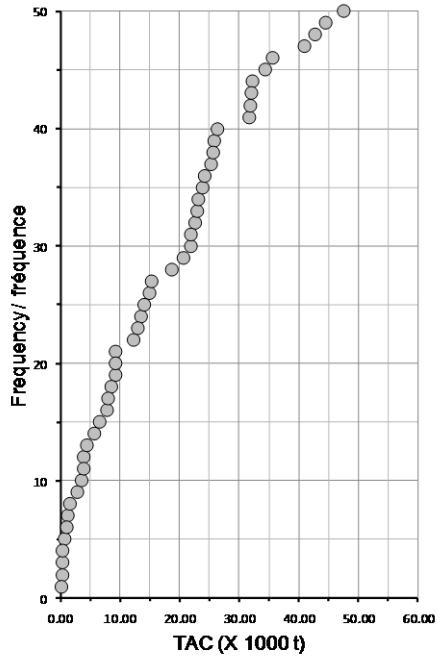


D: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 27\ 000\ t, B_{prud} = 36\ 000\ t, ER_{prud} = 0,29$

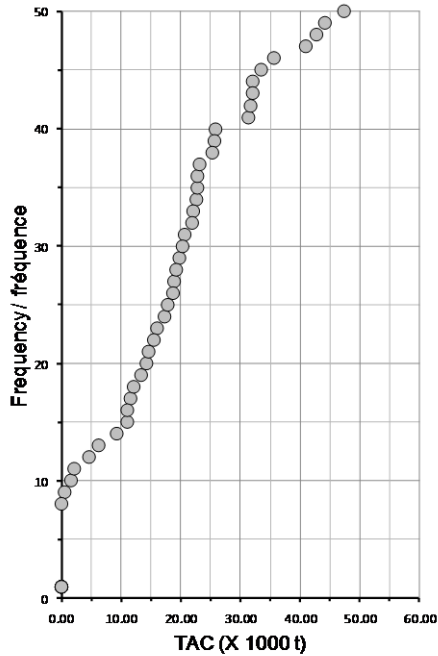
Annexe 2, Figure 1. Variantes supplémentaires de la règle linéaire dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle <= Blim dans toutes les années de la simulation.

Règle linéaire

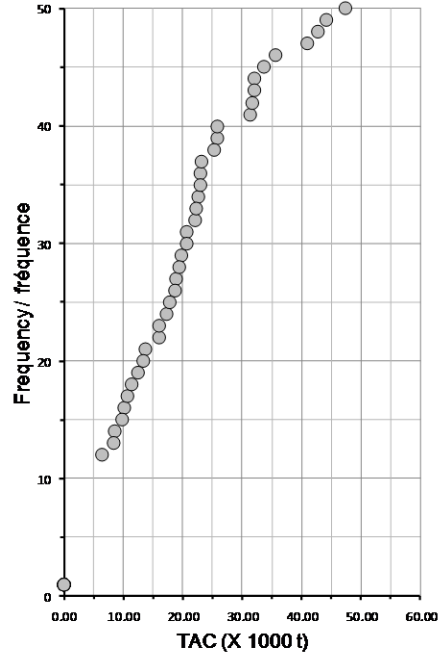
A: $\alpha = 1,7, \beta = 1,55$



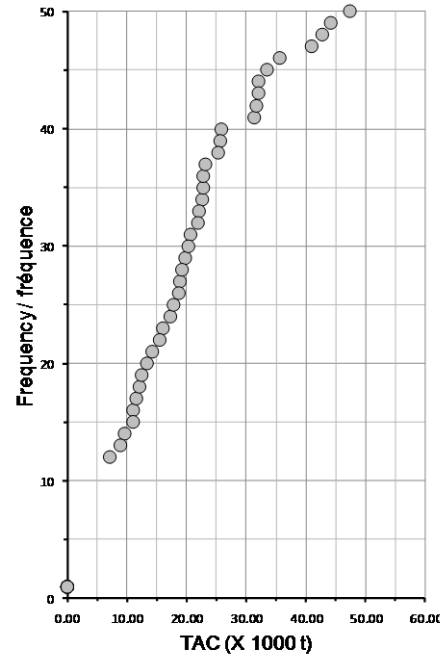
C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1, B_{low} = 36\ 000, ER_{low} = 0,29$



B $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 28\ 000\ t$



D: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 27\ 000, B_{low} = 36\ 000, ER_{low} = 0,29$



Annexe 2, Figure 2. Les TAC cumulatifs sur 50 ans pour les variantes supplémentaires de la règle de décision linéaire dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ dans toutes les années de la simulation.

Annexe 3, Tableau 1. Variantes supplémentaires de la règle de marche successive dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ dans toutes les années de la simulation.

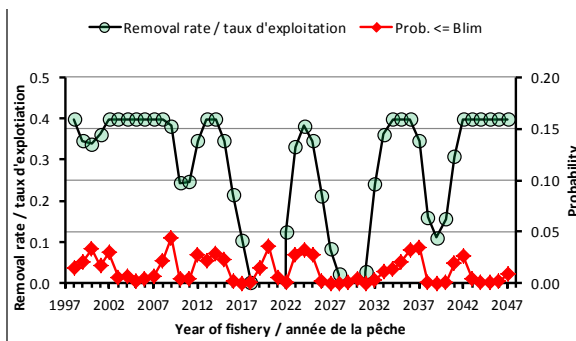
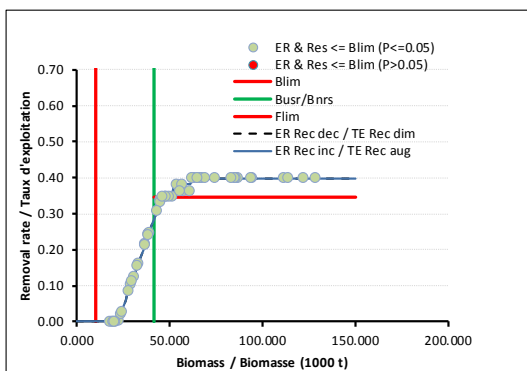
	Marche successive			
	B: $\alpha= 2,2, \beta = 1,1$	B: $\alpha= 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$	F: $\alpha= 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$	F: $\alpha= 1, \beta = 1,1,$ $B_{crit} = 27\ 000\ t,$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$
Critères de conservation de la ressource				
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)				
Saine à saine	27 (12)	26 (12)	26 (12)	26 (12)
Saine à prudence	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	15 (1)	16 (1)	16 (1)	16 (1)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ✗; Oui = ✓)	✓	✓	✓	✓
Critères socio-économiques				
Nombre d'années que la pêche est fermée	5 (0)	11 (0)	7 (0)	11 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	915 761 (371 403)	916 747 (372 775)	921 977 (373 835)	921 545 (373 829)
Moyenne du TAC annuel pour toutes les années	18 315 (24 760)	18 335 (24 852)	18 440 (24 922)	18 431 (24 922)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	20 350 (24 760)	23 506 (24 852)	21 441 (24 922)	23 629 (24 922)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	79 à 51 069 (9 405 à 44 356)	6 312 à 51 066 (10 021 à 44 359)	47 à 51 053 (10 658 à 44 357)	7 086 à 51 049 (10 658 à 44 355)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	54,6% (63,8%)	54,7% (64,1%)	55,2% (64,3%)	55,2% (64,3%)

Annexe 3, Tableau 2. Les taux d'exploitation et les TAC par intervalle de 1000 t de biomasse commerciale de crabe des neiges pour les variantes de la règle de marche successive dans la zone saine.

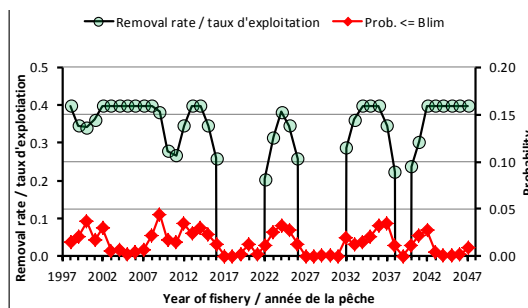
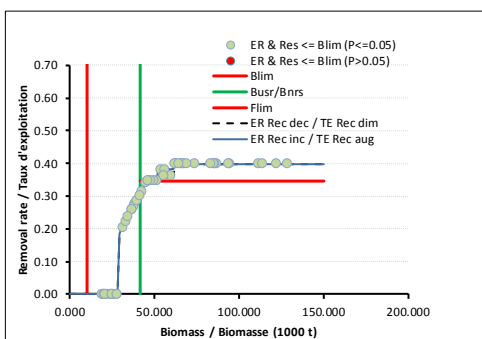
Biomasse (X 1000 t)	B: $\alpha=2,2, \beta=1,1$		B: $\alpha=1, \beta=1,1$ $B_{crit}=28\ 000\ t$		F: $\alpha=2,4, \beta=1,1$ $B_{low}=36\ 000,$ $ER_{low}=0,29$		F: $\alpha=1, \beta=1,1,$ $B_{crit}=27\ 000\ t,$ $B_{low}=36\ 000,$ $ER_{low}=0,29$	
	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0,015	0,3	0	0	0	0	0	0
24	0,029	0,7	0	0	0	0	0	0
25	0,044	1,1	0	0	0,024	0,6	0	0
26	0,059	1,5	0	0	0,048	1,3	0	0
27	0,073	2,0	0	0	0,073	2,0	0	0
28	0,088	2,5	0	0	0,097	2,7	0,201	5,6
29	0,103	3,0	0,185	5,4	0,121	3,5	0,212	6,1
30	0,118	3,5	0,195	5,8	0,145	4,3	0,223	6,7
31	0,132	4,1	0,204	6,3	0,169	5,2	0,234	7,3
32	0,147	4,7	0,214	6,9	0,193	6,2	0,245	7,9
33	0,162	5,3	0,224	7,4	0,217	7,2	0,257	8,5
34	0,176	6,0	0,234	7,9	0,242	8,2	0,268	9,1
35	0,191	6,7	0,243	8,5	0,266	9,3	0,279	9,8
36	0,206	7,4	0,253	9,1	0,290	10,4	0,290	10,4
37	0,22	8,2	0,263	9,7	0,296	10,9	0,296	10,9
38	0,235	8,9	0,273	10,4	0,302	11,5	0,302	11,5
39	0,25	9,7	0,282	11,0	0,308	12,0	0,308	12,0
40	0,265	10,6	0,292	11,7	0,313	12,5	0,313	12,5
41	0,279	11,5	0,302	12,4	0,319	13,1	0,319	13,1
41,4	0,285	11,8	0,306	12,7	0,322	13,3	0,322	13,3
42	0,294	12,3	0,312	13,1	0,325	13,7	0,325	13,7
43	0,309	13,3	0,321	13,8	0,331	14,2	0,331	14,2
44	0,323	14,2	0,331	14,6	0,337	14,8	0,337	14,8
45	0,338	15,2	0,341	15,3	0,343	15,4	0,343	15,4
46	0,346	15,9	0,346	15,9	0,346	15,9	0,346	15,9
47	0,346	16,3	0,346	16,3	0,346	16,3	0,346	16,3
48	0,346	16,6	0,346	16,6	0,346	16,6	0,346	16,6
49	0,346	17,0	0,346	17,0	0,346	17,0	0,346	17,0
50	0,346	17,3	0,346	17,3	0,346	17,3	0,346	17,3
51	0,346	17,6	0,346	17,6	0,346	17,6	0,346	17,6
52	0,362 (0,382)	18,8 (19,9)	0,362 (0,382)	18,8 (19,9)	0,362 (0,382)	18,8 (19,9)	0,362 (0,382)	18,8 (19,9)
53	0,362 (0,382)	19,2 (20,2)	0,362 (0,382)	19,2 (20,2)	0,362 (0,382)	19,2 (20,2)	0,362 (0,382)	19,2 (20,2)
54	0,362 (0,382)	19,5 (20,6)	0,362 (0,382)	19,5 (20,6)	0,362 (0,382)	19,5 (20,6)	0,362 (0,382)	19,5 (20,6)
55	0,362 (0,382)	19,9 (21,0)	0,362 (0,382)	19,9 (21,0)	0,362 (0,382)	19,9 (21,0)	0,362 (0,382)	19,9 (21,0)
56	0,362 (0,382)	20,3 (21,4)	0,362 (0,382)	20,3 (21,4)	0,362 (0,382)	20,3 (21,4)	0,362 (0,382)	20,3 (21,4)
57	0,362 (0,382)	20,6 (21,8)	0,362 (0,382)	20,6 (21,8)	0,362 (0,382)	20,6 (21,8)	0,362 (0,382)	20,6 (21,8)
58	0,362 (0,382)	21,0 (22,2)	0,362 (0,382)	21,0 (22,2)	0,362 (0,382)	21,0 (22,2)	0,362 (0,382)	21,0 (22,2)
59	0,362 (0,382)	21,4 (22,5)	0,362 (0,382)	21,4 (22,5)	0,362 (0,382)	21,4 (22,5)	0,362 (0,382)	21,4 (22,5)
60	0,362 (0,382)	21,7 (22,9)	0,362 (0,382)	21,7 (22,9)	0,362 (0,382)	21,7 (22,9)	0,362 (0,382)	21,7 (22,9)

Biomasse (X 1000 t)	B: $\alpha=2,2, \beta=1,1$		B: $\alpha=1, \beta=1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$		F: $\alpha=2,4, \beta=1,1$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$		F: $\alpha=1, \beta=1,1,$ $B_{crit} = 27\ 000\ t,$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$	
	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)	ER / TE (Rec↑)	TAC (X 1000 t) (Rec↑)
61	0,362 (0,382)	22,1 (23,3)	0,362 (0,382)	22,1 (23,3)	0,362 (0,382)	22,1 (23,3)	0,362 (0,382)	22,1 (23,3)
62	0,398	24,7	0,398	24,7	0,398	24,7	0,398	24,7
63	0,398	25,1	0,398	25,1	0,398	25,1	0,398	25,1
64	0,398	25,5	0,398	25,5	0,398	25,5	0,398	25,5
65	0,398	25,9	0,398	25,9	0,398	25,9	0,398	25,9
66	0,398	26,3	0,398	26,3	0,398	26,3	0,398	26,3
67	0,398	26,7	0,398	26,7	0,398	26,7	0,398	26,7
68	0,398	27,1	0,398	27,1	0,398	27,1	0,398	27,1
69	0,398	27,5	0,398	27,5	0,398	27,5	0,398	27,5
70	0,398	27,9	0,398	27,9	0,398	27,9	0,398	27,9

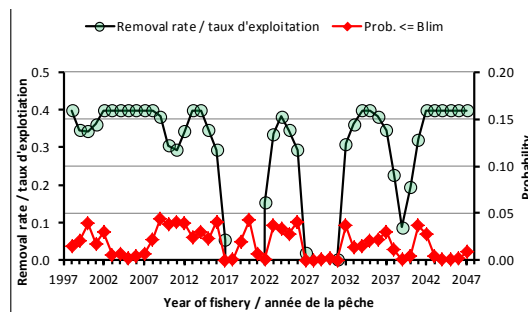
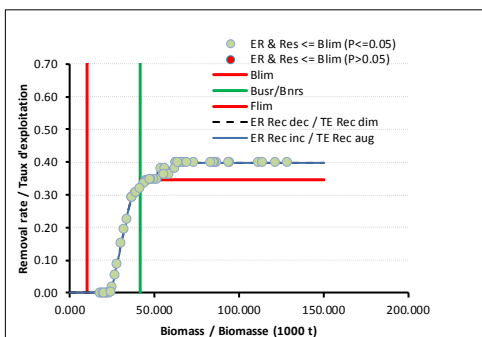
A: $\alpha = 2,2, \beta = 1,1$



B: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 28\ 000\ t$



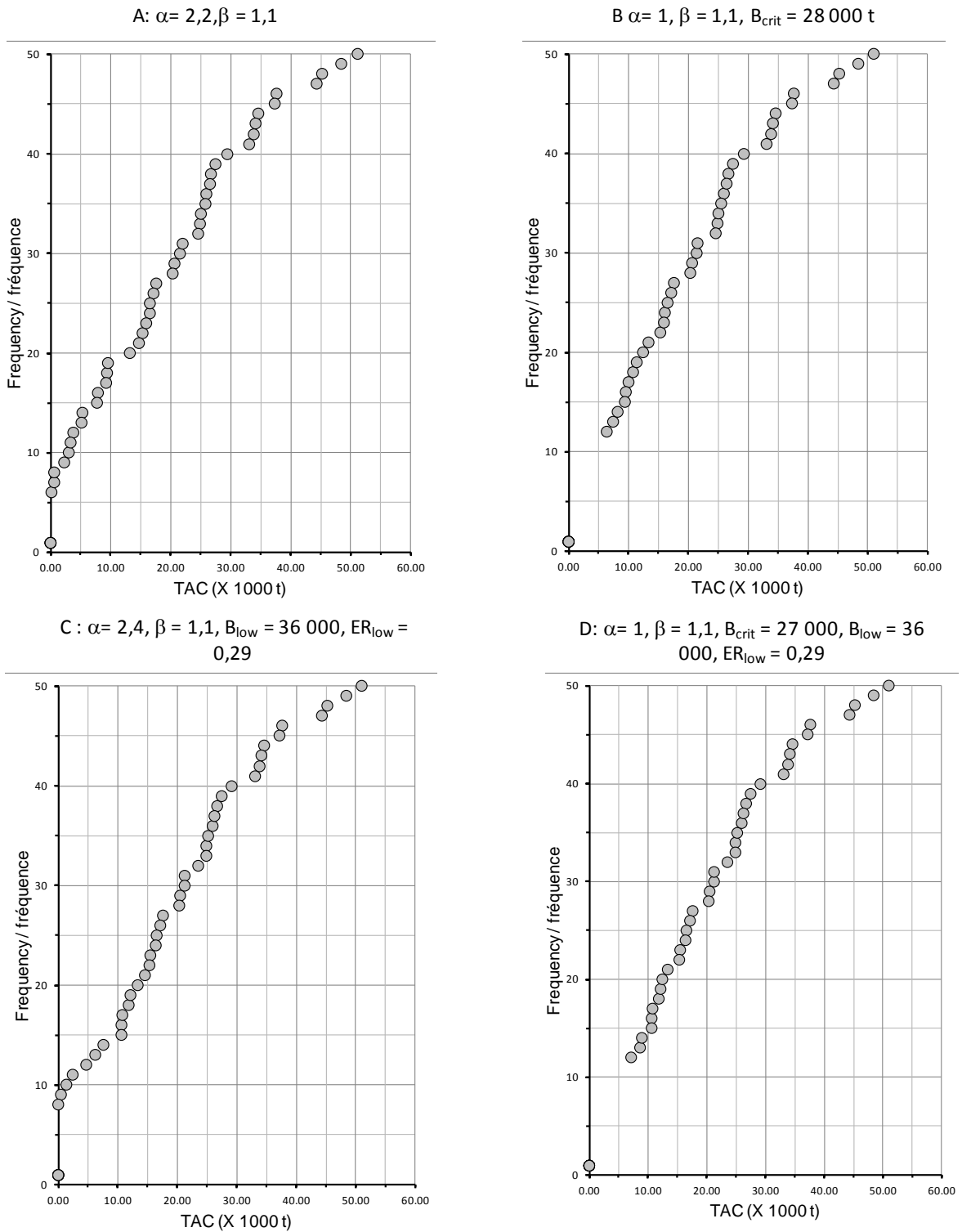
C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1, B_{prud} = 36\ 000\ t, ER_{prud} = 0,29$



D: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 27\ 000\ t, B_{prud} = 36\ 000\ t, ER_{prud} = 0,29$

Annexe 3, Figure 1. Variantes supplémentaires de la règle de marche successive dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle <= Blim dans toutes les années de la simulation.

Marche successive



Annexe 3, Figure 2. Les TAC cumulatifs sur 50 ans pour les variantes supplémentaires de la règle de décision de la marche successive dans la zone saine zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle $\leq B_{im}$ dans toutes les années de la simulation.

Annexe 4, Tableau 1. Variantes supplémentaires de la règle de proportionnalité dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ dans toutes les années de la simulation.

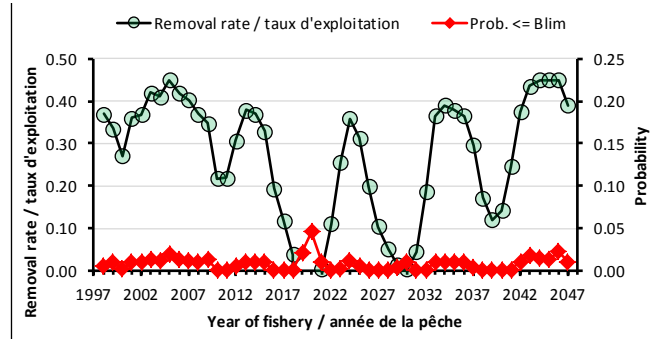
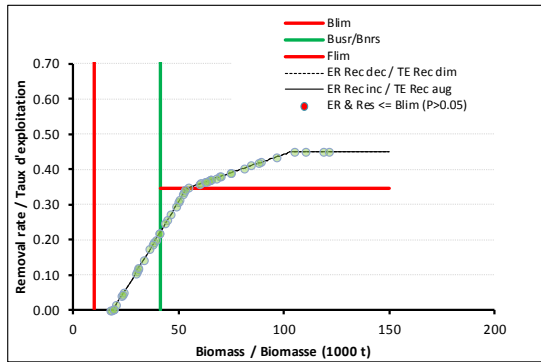
	Sans tenir compte de la tendance du recrutement			
	règle de proportionnalité			
	A: $\alpha = 1,9, \beta = 1,3$	B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$	$\alpha = 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$	$\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 27\ 000$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$
Critères de conservation de la ressource				
Nombre d'années que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est ouverte et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓	0 (0) ✓
Nombre d'années que la pêche est fermée et que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ ($P > 0,05$)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Déplacement des niveaux de biomasses entre les zones de l'état du stock (début et fin sur un an)				
Saine à saine	27 (12)	26 (12)	26 (12)	26 (12)
Saine à prudence	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Saine à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à prudence	15 (1)	16 (1)	16 (1)	16 (1)
Prudence à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à critique	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à prudence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Critique à saine	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Prudence à saine	4 (1)	4 (1)	4 (1)	4 (1)
Conforme à l'AP (Non = ☒; Oui = ✓)	✓	✓	✓	✓
Critères socio-économiques				
Nombre d'années que la pêche est fermée	2 (0)	11 (0)	7 (0)	11 (0)
Somme des TAC sur toutes les années	913 271 (367 516)	928 709 (376 444)	934 090 (377 364)	933 718 (377 395)
Moyenne du TAC annuel pour toutes les années	18 266 (24 502)	18 574 (25 096)	21 723 (25 158)	18 674 (25 160)
Moyenne du TAC annuel lorsque la pêche est ouverte	19 026 (24 501)	23 813 (25 096)	18 682 (25 158)	23 941 (25 160)
Minimum et maximum du TAC sur toutes les années	62 à 54 562 (8 893 à 49 514)	6 311 à 54 518 (10 066 à 49 264)	45 à 54 511 (10 775 à 49 261)	7 089 à 54 517 (10 776 à 49 264)
Moyenne (%) du recrutement dans la biomasse commerciale	53,9% (62,9%)	55,2% (64,6%)	55,6% (64,9%)	55,6% (64,9%)

Annexe 4, Tableau 2. Les taux d'exploitation et les TAC par intervalle de 1000 t de biomasse commerciale de crabe des neiges pour les variantes de la règle de proportionnalité dans la zone saine.

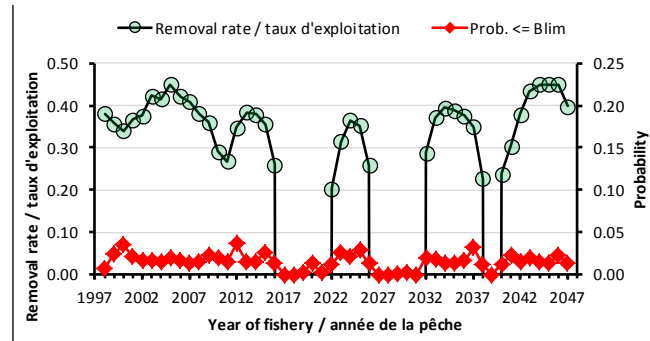
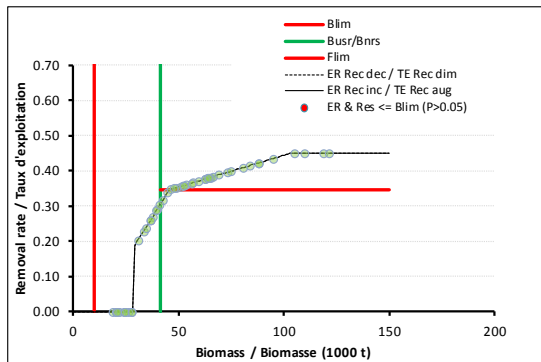
Biomasse (X 1000 t)	A: $\alpha= 1,9, \beta = 1,3$		B: $\alpha= 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$		$\alpha= 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$		$\alpha= 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 27\ 000$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$	
	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)
10	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
11	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
12	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
13	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
14	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
15	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
16	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
17	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
18	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
19	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
20	0,01	0,2	0	0,0	0	0	0	0
21	0,02	0,4	0	0,0	0	0	0	0
22	0,03	0,7	0	0,0	0	0	0	0
23	0,04	0,9	0	0,0	0	0	0	0
24	0,05	1,2	0	0,0	0	0	0	0
25	0,06	1,5	0	0,0	0,024	0,6	0	0
26	0,07	1,8	0	0,0	0,048	1,3	0	0
27	0,079	2,1	0	0,0	0,073	2,0	0	0
28	0,089	2,5	0	0,0	0,097	2,7	0,201	5,6
29	0,099	2,9	0,185	5,4	0,121	3,5	0,212	6,1
30	0,109	3,3	0,195	5,8	0,145	4,3	0,223	6,7
31	0,119	3,7	0,204	6,3	0,169	5,2	0,234	7,3
32	0,129	4,1	0,214	6,9	0,193	6,2	0,245	7,9
33	0,139	4,6	0,224	7,4	0,217	7,2	0,257	8,5
34	0,149	5,1	0,234	7,9	0,242	8,2	0,268	9,1
35	0,159	5,6	0,243	8,5	0,266	9,3	0,279	9,8
36	0,169	6,1	0,253	9,1	0,290	10,4	0,290	10,4
37	0,179	6,6	0,263	9,7	0,296	10,9	0,296	10,9
38	0,189	7,2	0,273	10,4	0,302	11,5	0,302	11,5
39	0,199	7,8	0,282	11,0	0,308	12,0	0,308	12,0
40	0,209	8,3	0,292	11,7	0,313	12,5	0,313	12,5
41	0,219	9,0	0,302	12,4	0,319	13,1	0,319	13,1
41,4	0,223	9,2	0,306	12,7	0,322	13,3	0,322	13,3
42	0,229	9,6	0,312	13,1	0,325	13,7	0,325	13,7
43	0,238	10,3	0,321	13,8	0,331	14,2	0,331	14,2
44	0,248	10,9	0,331	14,6	0,337	14,8	0,337	14,8
45	0,258	11,6	0,341	15,3	0,343	15,4	0,343	15,4
46	0,268	12,3	0,347	16,0	0,347	16,0	0,347	16,0
47	0,278	13,1	0,349	16,4	0,349	16,4	0,349	16,4
48	0,288	13,8	0,350	16,8	0,350	16,8	0,350	16,8
49	0,298	14,6	0,352	17,3	0,352	17,3	0,352	17,3
50	0,308	15,4	0,354	17,7	0,354	17,7	0,354	17,7
51	0,318	16,2	0,356	18,1	0,356	18,1	0,356	18,1
52	0,328	17,1	0,358	18,6	0,358	18,6	0,358	18,6
53	0,338	17,9	0,359	19,0	0,359	19,0	0,359	19,0
54	0,346	18,7	0,361	19,5	0,361	19,5	0,361	19,5
55	0,348	19,2	0,363	20,0	0,363	20,0	0,363	20,0
56	0,351	19,6	0,365	20,4	0,365	20,4	0,365	20,4
57	0,353	20,1	0,367	20,9	0,367	20,9	0,367	20,9
58	0,355	20,6	0,368	21,4	0,368	21,4	0,368	21,4
59	0,357	21,1	0,370	21,8	0,370	21,8	0,370	21,8
60	0,359	21,5	0,372	22,3	0,372	22,3	0,372	22,3
61	0,361	22,0	0,374	22,8	0,374	22,8	0,374	22,8

Biomasse (X 1000 t)	A: $\alpha = 1,9, \beta = 1,3$		B: $\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 28\ 000\ t$		$\alpha = 2,4, \beta = 1,1$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$		$\alpha = 1, \beta = 1,1$ $B_{crit} = 27\ 000$ $B_{low} = 36\ 000,$ $ER_{low} = 0,29$	
	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)	ER / TE	TAC (X 1000 t)
62	0,363	22,5	0,376	23,3	0,376	23,3	0,376	23,3
63	0,365	23,0	0,377	23,8	0,377	23,8	0,377	23,8
64	0,367	23,5	0,379	24,3	0,379	24,3	0,379	24,3
65	0,369	24,0	0,381	24,8	0,381	24,8	0,381	24,8
66	0,372	24,5	0,383	25,3	0,383	25,3	0,383	25,3
67	0,374	25,0	0,385	25,8	0,385	25,8	0,385	25,8
68	0,376	25,6	0,386	26,3	0,386	26,3	0,386	26,3
69	0,378	26,1	0,388	26,8	0,388	26,8	0,388	26,8
70	0,380	26,6	0,390	27,3	0,390	27,3	0,390	27,3

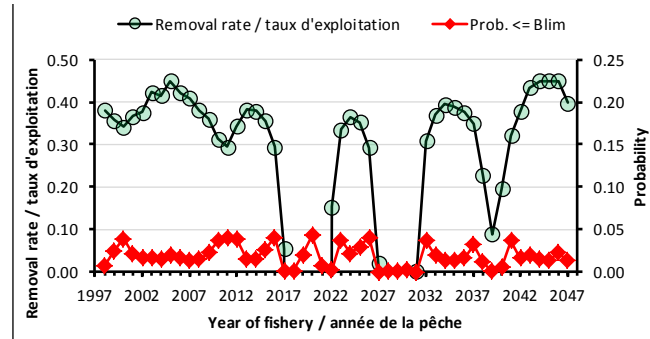
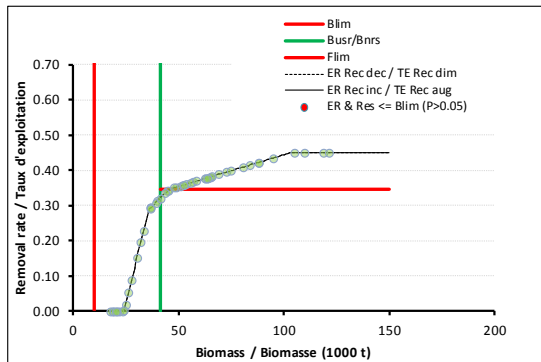
A: $\alpha = 1,9, \beta = 1,3$



B: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 28\ 000\ t$

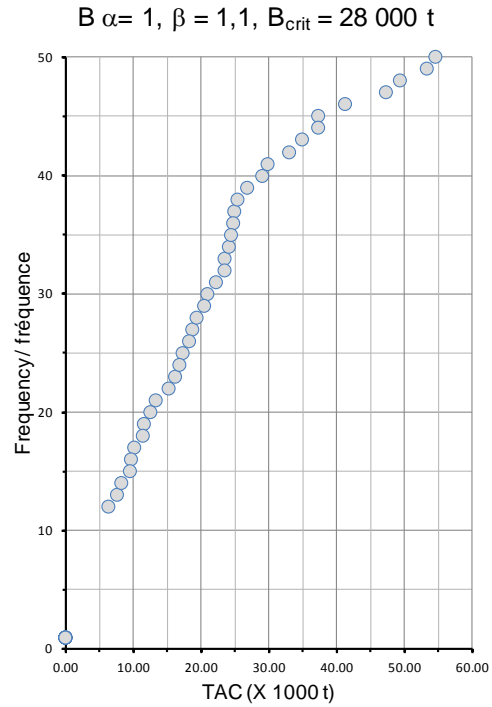
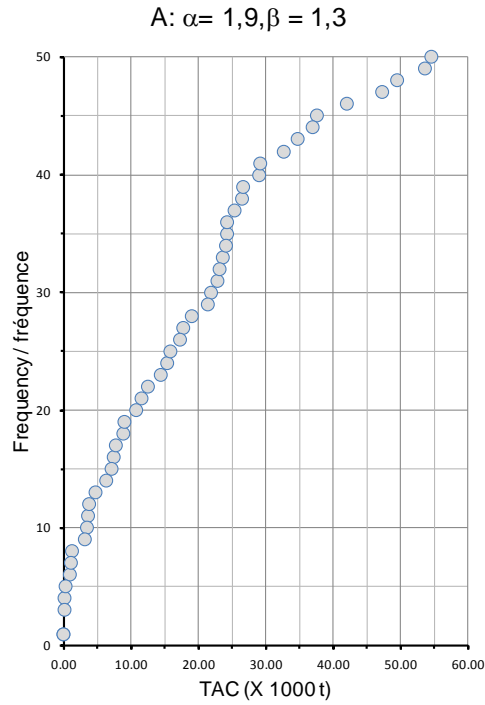


C: $\alpha = 2,4, \beta = 1,1, B_{low} = 36\ 000\ t, ER_{low} = 0,29$

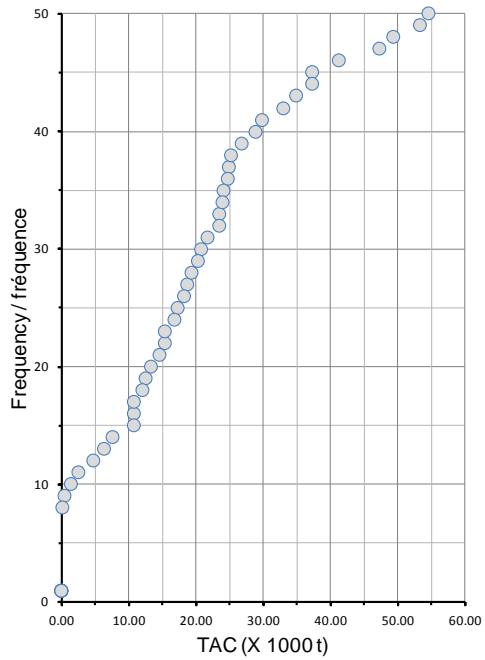


D: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 27\ 000\ t, B_{low} = 36\ 000\ t, ER_{low} = 0,29$

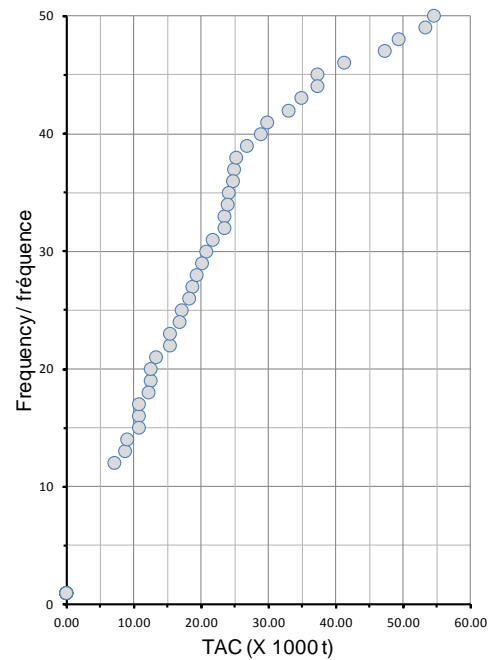
Annexe 4, Figure 1. Variantes supplémentaires de la règle de proportionnalité dans la zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit < 5% que la biomasse résiduelle <= Blim dans toutes les années de la simulation.



C : $\alpha = 2,4, \beta = 1,1, B_{low} = 36\ 000, ER_{low} = 0,29$



D: $\alpha = 1, \beta = 1,1, B_{crit} = 27\ 000, B_{low} = 36\ 000, ER_{low} = 0,29$



Annexe 4, Figure 2. Les TAC cumulatifs sur 50 ans pour les variantes supplémentaires de la règle de décision de proportionnalité dans la zone saine zone saine qui seraient conformes à l'AP selon le critère que la probabilité soit $< 5\%$ que la biomasse résiduelle $\leq B_{lim}$ dans toutes les années de la simulation.