



Pêches et Océans Fisheries and Oceans
Canada Canada

Sciences

Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Compte rendu 2012/055

Région de la capitale nationale

Compte rendu de l'atelier national du programme Expertise technique en évaluation des stocks (ETES) : Points de référence en matière de rendement maximal soutenu (RMS) et approche de précaution en situation de variation de la productivité

**Du 13 au 15 décembre 2011
Montréal (Québec)**

Co-présidents : D.E. Duplisea et N. Cadigan

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

Avant-propos

Le présent compte rendu a pour but de documenter les principales activités et discussions qui ont eu lieu au cours de la réunion. Il contient des recommandations sur les recherches à effectuer, traite des incertitudes et expose les motifs ayant mené à la prise de décisions pendant la réunion. En outre, il fait état de données, d'analyses ou d'interprétations passées en revue et rejetées pour des raisons scientifiques, en donnant la raison du rejet. Bien que les interprétations et les opinions contenues dans le présent rapport puissent être inexactes ou propres à induire en erreur, elles sont quand même reproduites aussi fidèlement que possible afin de refléter les échanges tenus au cours de la réunion. Ainsi, aucune partie de ce rapport ne doit être considérée en tant que reflet des conclusions de la réunion, à moins d'indication précise en ce sens. De plus, un examen ultérieur de la question pourrait entraîner des changements aux conclusions, notamment si l'information supplémentaire pertinente, non disponible au moment de la réunion, est fournie par la suite. Finalement, dans les rares cas où des opinions divergentes sont exprimées officiellement, celles-ci sont également consignées dans les annexes du compte rendu.

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, 2013
ISSN 1701-1280

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2013. Compte rendu de l'atelier national pour Expertise technique en évaluation de stocks (ETES) : Points de référence en matière de rendement maximal soutenu (RMS) et approche de précaution en situation de variation de la productivité ; du 13 au 15 décembre 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2012/055

Also available in English:

DFO. 2013. *Proceedings of the National Workshop for Technical Expertise in Stock Assessment (TESA): Maximum Sustainable Yield (MSY) Reference Points and the Precautionary Approach when Productivity Varies; December 13-15, 2011. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2012/055.*

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	v
SUMMARY	v
INTRODUCTION	1
Accueil et mot d'ouverture	1
PRÉSENTATIONS ET DISCUSSION	1
PRÉSENTATION 1 : Cadres de l'approche de précaution dans le monde et examen de la question de la gestion des changements de productivité.....	1
PRÉSENTATION 2 : Productivité variable et points de référence : distributions de probabilité a priori, valeurs approximatives et pragmatisme.....	3
PRÉSENTATION 3 : Examen des points de RMS d'une seule espèce pour les stocks de cabillaud de la Baltique	5
PRÉSENTATION 4 : Modèle de production excédentaire, points de référence dans un environnement aléatoire : qu'est-ce que le RMS?	8
PRÉSENTATION 5 : Production, régimes et règles de contrôle des prises variant en fonction du temps	10
PRÉSENTATION 6 : Les rôles relatifs de la pêche et de la productivité biologique dans la dynamique des stocks de poisson : le passé peut nous aider à comprendre le présent et à concevoir l'avenir.....	14
PRÉSENTATION 7 : Objectifs généraux de MYFISH.....	15
PRÉSENTATION 8 : Points de référence et changements de productivité.....	16
PRÉSENTATION 9 : Variabilité et autocorrélation des paramètres d'entrée des modèles et incidence sur les points de référence	18
PRÉSENTATION 10 : Enjeux actuels concernant les points de référence en matière de RMS pour la morue dans 3Ps	19
PRÉSENTATION 11 : Les points de référence devraient-ils changer en cas de changement de productivité? Une perspective appliquée à la morue dans 4T.....	22
PRÉSENTATION 12 : Étude de cas de l'aiglefin de l'est du banc de Georges	25
PRÉSENTATION 13 : Corrélation entre la productivité du stock de thon blanc du Pacifique Nord et l'oscillation décennale du Pacifique.....	28
PRÉSENTATION 14 : Points de référence biologiques moins élevés dans la Politique concernant le saumon sauvage et considérations sur la productivité variant avec le temps : étude de cas sur le saumon rouge du fleuve Fraser.....	30
PRÉSENTATION 15 : Influences environnementales sur la productivité du crabe des neiges	32
PRÉSENTATION 16 : Différence de productivité des pétoncles en fonction du site et implications pour l'établissement des points de référence	32

PRÉSENTATION 17 : Évaluation des phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest pendant une période de fécondité variable	33
RAPPORTS DES GROUPES DE DISCUSSION	35
Dans quelle situation est-il approprié d'envisager la modification des points de référence de précaution par rapport à un changement de régime perçu	35
Options de RMS pour les points de référence en matière d'AP	42
Erreur due au processus et points de référence stochastiques en matière de RMS	46
CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE L'ATELIER	47
Dans quelles circonstances les points de référence propres au régime sont-ils appropriés?	47
Options de RMS pour les points de référence en matière d'approche de précaution	48
RÉFÉRENCES	48
ANNEXE II : PARTICIPANTS	51
ANNEXE III : HORAIRE	55
ANNEXE IV : ACRONYMES	58

SOMMAIRE

L'atelier visait essentiellement à détailler les problèmes qui se posent lorsqu'il s'agit de trouver les points de référence (PR) du rendement maximal soutenu (RMS) et de l'approche de précaution (AP) pour des stocks dont les régimes ou les conditions de productivité varient (c'est-à-dire qui sont non stationnaires). L'étude de la possibilité d'intégrer les points de référence du RMS et de l'AP de manière à ce que les régimes de gestion ne provoquent pas l'effondrement des stocks ou ne renoncent pas sans raison valable à des rendements potentiels était un objectif secondaire. La tenue de cet atelier se justifiait par le grand nombre de stocks qui sont régulièrement évalués par Pêches et Océans Canada (par exemple, la morue du Nord) et pour lesquels les données évoquent des changements importants dans les processus de productivité et soulèvent des questions fréquentes quant à l'applicabilité des points de référence issues de l'ensemble de données complet aux conditions actuelles. Le cadre de référence de cet atelier était établi sur la toile de fond de ces objectifs et de ce contexte (annexe 1).

La réunion de trois jours comportait deux principaux volets : les deux premières journées étaient consacrées principalement aux présentations des contributions individuelles, suivies de discussions. Au cours de la deuxième partie de la dernière journée, trois groupes de discussion ont abordé trois questions fondamentales soulevées lors des discussions des deux journées précédentes, qui sont devenues des enjeux clés. Les trois questions étaient axées sur les sujets suivants : 1) Dans quelle situation les PR propres à un régime sont-ils appropriés, et quels sont les risques encourus si l'on ne tient pas compte des modifications subies par le régime? 2) Quelles sont les options de PR en matière de RMS qui pourraient orienter le MPO dans la mise en œuvre de l'AP visant les stocks pour lesquels la productivité varie? 3) Comment l'erreur due au processus influence-t-elle les estimations stochastiques des points de référence en matière de RMS?

SUMMARY

The primary goal of the workshop was to detail problems with deriving maximum sustainable yield (MSY) and precautionary approach (PA) reference points (RP) for stocks with varying (i.e. non-stationary) productivity conditions or regimes. A secondary objective was to explore integrating MSY reference points and the PA such that management regimes neither collapse stocks nor forego unnecessary amounts of potential yield. The motivation for the workshop comes from the numerous stocks that are regularly assessed by Fisheries and Oceans Canada (DFO) (e.g. Northern cod) in which data suggests there have been substantial changes in productivity processes and where there are frequent questions on the applicability of RP derived from the entire data set for the current conditions. Terms of reference for this workshop were drawn-up in the context of these goals and background (Annex 1).

The three day meeting consisted of two main parts: The first two days consisted primarily of presentations on individual contributions followed by discussions. The second part on the final day consisted of three breakout groups around three basic questions that arose from the previous days discussions and rose to prominence as key issues. The three questions were centred on the topics (1) when are regime-specific RPs appropriate, and what are the risks of not considering regime changes? (2) What MSY RP options are available that could guide DFO when implementing the PA for stocks under changing productivity? (3) What is the influence of process error on stochastic MSY reference point estimates?

INTRODUCTION

Accueil et mot d'ouverture

Présenté par N. Cadigan et D. Duplisea

L'atelier avait pour but de déterminer l'incidence des variations de productivité sur les points de référence (PR) de l'approche de précaution (AP), et en particulier sur les PR en matière de rendement maximal soutenu (RMS). Le cadre de référence précis figure à l'annexe I.

Les présidents ont souligné que l'atelier ne visait pas à déterminer si les PR en matière de RMS étaient utiles pour la gestion des pêches. L'atelier devrait plutôt être axé sur le calcul des PR en matière de RMS lorsque les éléments de la productivité d'un stock varient. Cela s'inscrit dans la logique de la portée d'un atelier du programme Expertise technique en évaluation des stocks, qui consiste à fournir des lignes directrices techniques, des outils ou des idées aux scientifiques du MPO chargés de l'évaluation des stocks.

Même si on estime que les PR en matière de RMS ne sont pas utiles, la production d'estimations de ces PR médiocres ou imprécises ne fait pas progresser le débat. À l'heure actuelle, on demande au personnel du MPO chargé de l'évaluation des stocks de rendre compte de la biomasse au rendement maximal soutenu (B_{RMS}) et de la mortalité par pêche au rendement maximal soutenu (F_{RMS}), autrement dit les estimer; cette réunion avait pour principal objectif d'apporter des conseils ou de fournir des exemples concernant la méthode à suivre en cas de variation de la productivité des stocks.

Les participants à l'atelier étaient invités à se demander plutôt s'il est judicieux d'adapter les PR à notre perception actuelle de la productivité des stocks (c'est-à-dire les modifier) ou de les conserver à l'identique. L'évaluation du potentiel de rétablissement de la morue effectuée en février 2011 à St. John's a été mentionnée comme un exemple qui illustre bien la question de savoir si les projections devraient être fondées seulement sur les conditions actuelles ou plutôt sur l'ensemble de la série chronologique observée. Cette question est inextricablement liée à la réversibilité et au potentiel de récupération de la morue aux niveaux antérieurs. Cet atelier visait notamment à fournir à cette question une orientation cohérente, mais non normative.

PRÉSENTATIONS ET DISCUSSION

PRÉSENTATION 1 : Cadres de l'approche de précaution dans le monde et examen de la question de la gestion des changements de productivité

Auteur : P. Shelton

Les sujets suivants sont abordés : i) parcours rapide de l'ontogénie des cadres d'AP fondés sur le RMS (naissance, mort, réincarnation, rejet); ii) cadres de l'AP dans le monde (Nouvelle-Zélande, Australie, National Marine Fisheries Service des États-Unis, Conseil international pour l'exploration de la mer [CIEM] et MPO); iii) aperçu des causes générales des changements de productivité; iv) quelques exemples précis – morue de la mer du Nord, thon rouge de l'Atlantique Ouest, plie canadienne du Grand Banc; v) manière dont les cadres d'AP ont traité les variations du régime de productivité.

Au fil des ans, l'utilisation du RMS à titre de fondement de la gestion des pêches a fait l'objet de critiques sévères (p. ex., Larkin 1977). Il constitue néanmoins la base de l'approche de précaution décrite dans l'*Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons* de 1995; des points de référence fondés sur le RMS ont été mis en œuvre dans les cadres de gestion par plusieurs nations et organisations internationales des pêches. Cette mise en œuvre est étayée sur le plan scientifique, à condition que les points de référence en matière de RMS soient intégrés à des règles décisionnelles

claires dont la solidité peut faire l'objet d'un essai en simulation (Punt et Smith 2001). L'application de la B_{RMS} à titre de cible ou de limite varie d'un cadre à l'autre, mais la F_{RMS} est plus souvent considérée comme étant une limite. On note une tendance dans tous les cadres à considérer que $B_{RMS} < B_{CIBL}$, pour des raisons économiques et liées aux écosystèmes. Dans le cas des fonctions de production très asymétriques (résilientes), B_{RMS} fait référence dans plusieurs cadres à une biomasse plus élevée par rapport au pourcentage de B_0 (biomasse non exploitée).

Les répercussions des changements de productivité dus aux pêches et à d'autres facteurs sont largement reconnues, mais il reste à définir une pratique exemplaire concernant le moment où les points de référence doivent être modifiés. Il convient de noter que la politique du MPO en matière d'AP dit textuellement : « Ces situations [où la productivité a changé] doivent être étudiées individuellement. Toutefois, à titre de règle générale, les points de référence ne devraient pas être basés uniquement sur l'information correspondant à une période de production basse à moins qu'il n'y ait aucune attente à retrouver des conditions de haute productivité qui seraient occasionnés naturellement ou par des mesures de gestion. »

Discussion

- Les participants ont discuté des différences entre l'approche du Canada et celle de la Nouvelle-Zélande. La Nouvelle-Zélande établit des points de référence différents selon le niveau de productivité atteint par les stocks (quatre niveaux allant d'une productivité élevée à une productivité très faible), mais ces points de référence ne sont pas corrigés au fil du temps en fonction des changements de productivité d'un même stock.
- Selon la présentation, l'un des points forts du cadre de l'approche de précaution de la Nouvelle-Zélande est son absence d'ambiguïté, alors que celle du MPO doit être interprétée, dans une certaine mesure. C'est notamment le cas pour le point de référence supérieur du stock qui, selon la politique du MPO en matière d'AP, est établi par les gestionnaires des ressources, mais qui est principalement une propriété biologique du stock.
- L'une des méthodes suggérées consistait à appliquer des règles strictes de contrôle des prises pour répondre aux changements de productivité, bien que ce type de règle utilise également des points de référence. L'utilisation de points de référence dans les données statistiques sur le rendement en vue de vérifier la fiabilité de la règle de contrôle des prises, qui pourrait être fondée sur des indices de relevé ou sur des modèles de population, a donné lieu à une discussion. Cela pourrait permettre un contrôle rigoureux de la rétroaction qui éviterait l'effondrement du stock.
- La réversibilité des changements de productivité représente l'une des questions à examiner. Les changements de productivité peuvent être liés aux pêches ainsi qu'à certains indices océanographiques. La politique de prise de décisions du MPO dans le cadre de l'AP énonce qu'« à titre de règle générale, les points de référence ne devraient pas être basés uniquement sur l'information correspondant à une période de production basse à moins qu'il n'y ait aucune attente à retrouver des conditions de haute productivité qui seraient occasionnés naturellement ou par des mesures de gestion ». Une discussion a eu lieu sur les PR de déclenchement et s'ils devaient se fonder sur le taux de mortalité naturelle (M) ou sur l'incertitude concernant le PR cible. Les participants ont indiqué que l'établissement, par rapport à une certaine fonction de M , de PR de déclenchement inférieurs à l'objectif se justifie par le fait que l'on s'attend à de plus grandes variations des stocks aux alentours de B_{RMS} lorsque M (mortalité naturelle) est plus élevé.

PRÉSENTATION 2 : Productivité variable et points de référence : distributions de probabilité a priori, valeurs approximatives et pragmatisme

Auteur : L. Brooks

Cette présentation a trois principaux objectifs. Premièrement, des calculs analytiques ont été présentés afin de démontrer l'existence d'une relation 1:1 entre le taux de variation de la pente et le nombre de reproducteurs par recrue (NRR). Ce point a été souligné, car lorsque les données pour l'estimation de la relation stock-recrutement sont faibles, une « solution » courante consiste à imposer une distribution antérieure au taux de variation de la pente, plutôt que d'avoir recours à une approximation fondée sur le NRR. Il convient de noter que le fait de préciser une distribution de probabilité a priori pour un taux de variation de la pente équivaut à appliquer une distribution de probabilité a priori à un point de référence; par conséquent, la méthode des valeurs approximatives, où un pourcentage du NRR est précisé, n'est ni plus, ni moins subjective que la méthode qui consiste à préciser des distributions de probabilité a priori pour les paramètres de stock-recrutement.

La discussion avait pour deuxième objectif de suggérer la possibilité de ne pas traiter les points de référence comme des « points » *en soi*, mais plutôt comme des distributions. En lien avec le premier sujet, qu'une fonction du stock-recrutement soit estimée ou qu'une valeur approximative du NRR soit utilisée, il faut calculer le nombre de reproducteurs non exploités par recrue (c'est-à-dire la ligne de remplacement dans une fonction du stock-recrutement ou le dénominateur dans le calcul du NRR). L'année, ou les années, à partir desquelles les paramètres biologiques sont sélectionnés et utilisés dans les calculs ont une incidence sur les points de référence en matière de RMS (dans la fonction stock-recrutement) ou sur la valeur approximative de la F_{RMS} calculée. En tenant compte de toutes les valeurs observées des paramètres biologiques et en calculant une distribution pour les points de référence, on suppose implicitement que le régime n'a connu aucun changement. Il serait également possible de comparer les observations récentes à une distribution qui ne les inclut pas afin de déterminer si les valeurs récentes semblent provenir de la même distribution (figure 2-1).

Pour terminer, le troisième objectif de la discussion consistait à étudier les points de référence dans le contexte des prévisions. Les principaux aspects comprenaient les prévisions de productivité dans les années à venir, le nombre d'années sur lequel il est possible d'effectuer des prévisions sans parti pris déraisonnable et les objectifs de rétablissement qui seraient nécessaires en cas de productivité non stationnaire. La structure de la population initiale utilisée dans les prévisions, ainsi que la manière dont l'existence d'un parti pris rétrospectif dans l'évaluation peut être amplifiée dans les prévisions de l'abondance des stocks, ont également été examinées. Les résultats de simulations antérieures du rendement des prévisions montraient que le parti pris provenant des tendances rétrospectives réduisait à néant les différences dues aux changements temporels des paramètres biologiques.

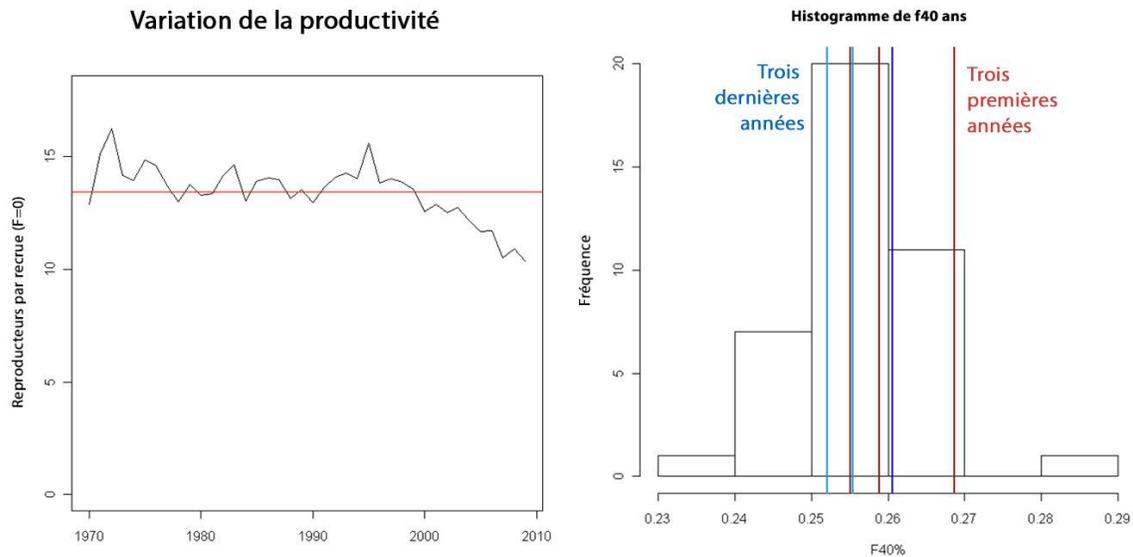


Figure 2-1. Valeur annuelle du nombre de reproducteurs non exploités par recrue (φ_0 , à gauche) et distribution de la F40 % qui en résulte après avoir tenu compte de toutes les valeurs de φ_0 . La comparaison entre la valeur de la F40 % calculée à partir des trois premières valeurs de φ_0 et celle qui est calculée à partir des trois dernières valeurs est indiquée par des lignes verticales respectivement brunes ou bleues. Les trois dernières années d'estimations de la F40 % ne semblent pas différer grandement des trois premières années.

Discussion

- La réalité et les difficultés liées aux évaluations peu fréquentes ont fait l'objet d'une discussion. La dernière évaluation complète utilisée pour le présent travail date de 2007.
- Les travaux rétrospectifs ont été accomplis de manière très progressive. Le modèle pourrait présenter des problèmes structuraux, mais l'un des enjeux consiste à les détecter. Dans les travaux présentés, les données sur le recrutement étaient moins problématiques que prévu dans le modèle.
- L'un des participants a fait remarquer que les prévisions du rétablissement à l'aide du régime actuel sont souvent mauvaises, en particulier lorsque certains éléments de la productivité du stock varient (p. ex., les taux de croissance).
- D'après cette présentation, on pourrait notamment conclure que le RMS est difficile à estimer dans de nombreuses évaluations des stocks et que des valeurs approximatives sont nécessaires.
- Le recours à l'analyse du cycle biologique dans la modélisation a été jugé efficace.
- L'auteur a trouvé que les suppositions concernant la productivité et le paramètre du taux de variation de la pente du stock-recrutement définissent les points de référence. La sélection d'un paramètre de taux de variation est une décision importante; il pourrait être plus sûr d'attribuer une valeur approximative à la F_{RMS} ou à la B_{RMS} . L'attribution d'une valeur approximative pourrait s'appuyer sur une analyse du pourcentage du NRR et sur la répétition de l'approche de simulation de Clarke (1991, 1993), en utilisant les données propres à l'espèce et en intégrant les paramètres biologiques. On pourrait choisir un pourcentage du NRR raisonnable, qui donne une distribution pour la F . Voici quelques aspects à étudier : quand faut-il changer le pourcentage du NRR? La distribution de F est-elle encore applicable à notre situation actuelle? (c'est-à-dire, sommes-nous dans le même régime de productivité?) Des problèmes peuvent survenir en cas de baisse soutenue ou de regroupement des distributions à une extrémité.

-
- En réponse à la question de savoir si la valeur approximative du NRR dépend de la fonction du stock-recrutement, l'auteur suggère d'examiner la comparaison entre la F du pourcentage du NRR et la F_{RMS} dans certaines simulations fondées sur un stock donné. Le vrai RMS peut être observé en comparaison de ce qui se perd dans la valeur approximative. À toute valeur du paramètre du taux de variation correspond une F_{RMS} que l'on peut estimer. Comme la situation réelle est inconnue, il faut choisir un pourcentage du NRR. Quel pourcentage du NRR est-il raisonnable de choisir, et comment se compare-t-il à la situation réelle? Il s'agit de sélectionner une valeur approximative fondée sur les paramètres biologiques. Une bonne valeur approximative ne perd pas grand-chose en comparaison de la valeur réelle. Mais elle est propre au cycle biologique.
 - Aucun ajustement du modèle non paramétrique du stock-recrutement aux données n'a été tenté, mais il pourrait être utile de s'y intéresser.

PRÉSENTATION 3 : Examen des points de RMS d'une seule espèce pour les stocks de cabillaud de la Baltique

Auteur : J. Simmonds

L'étude avait pour objectif d'évaluer l'objectif et la portée de l'exploitation à F constante pour les deux stocks de cabillaud de la Baltique, en fonction des données d'évaluation disponibles. On établit un modèle de recrutement grâce à une simulation stochastique fondée sur plusieurs modèles pour 1 000 « populations » construites pour chaque stock par échantillonnage aléatoire accompagné d'une sélection de remplacement selon l'âge dans la pêche, la mortalité naturelle, la maturité et le poids selon l'âge dans les prises et le poids selon l'âge dans le stock pour les périodes sélectionnées. Les modèles de stock-recrutement ont été adaptés dans un cadre bayésien. Il s'agit de trois modèles dotés de trois paramètres : le modèle de Hockey Stick (HS), le modèle de Ricker (RK) et le modèle de Beverton-Holt (BH). Pour chaque stock de morue, trois périodes du stock-recrutement sont examinées. La probabilité de chaque type de modèle est sélectionnée grâce à la distribution des valeurs des coefficients qui proviennent de l'ajustement dans la formule de Bayes, à l'aide de la méthode statistique proposée par Kass et Rafferty (1995), appliquée aux fonctions du stock-recrutement telle qu'elle est décrite en détail par Simmonds *et al* (2011), où elle a été utilisée dans le cadre de l'évaluation de la stratégie de gestion (ÉSG) du CIEM pour le maquereau. Initialement, des modèles plus complexes comprenant davantage de paramètres (quatre) ont été mis à l'essai, dont l'ajustement a été jugé moins bon; leur probabilité dans la modélisation combinée aurait donc été plus faible et ils n'ont pas fait l'objet d'essais plus poussés. Lorsque les modèles sont ajustés indépendamment, les différences entre la pente et l'origine ne sont pas significatives parmi les ensembles de données et les stocks. La modélisation est répétée pour chaque type de modèle (BH, HS et RK) à l'aide d'un facteur de pente commun propre au modèle.

La variabilité de la croissance, de la maturation et de la sélection dans la pêche est obtenue en dégageant des valeurs observées de façon aléatoire à partir de sous-ensembles des ensembles de données d'évaluation. Différents regroupements sont sélectionnés aux fins de comparaison pour refléter les différences au fil du temps.

Une comparaison est réalisée entre les valeurs cibles estimées de la F_{RMS} (figures 3-1a et b) et les rendements en conditions d'équilibre par rapport à la F (figures 3-1c et d). Les meilleures estimations ponctuelles de la F_{RMS} pour l'exploitation d'une seule espèce laissent initialement entendre que les valeurs peuvent varier d'environ 0,25 à 0,4 (en supposant une pente constante à l'origine pour le stock-recrutement). Le taux de variation du rendement en conditions d'équilibre avec une F cible est bien plus lent au sommet que la distribution de la F_{RMS} (comparaison entre les figures 3-1a et b et les figures 3-1c et d). Dans le même intervalle de F (de 0,25 à 0,4), on estime que le rendement moyen en conditions d'équilibre est supérieur au rendement maximal de 0,96. Par conséquent, nous pouvons

obtenir des estimations de la F_{RMS} significativement différentes à partir de rendements extrêmement semblables. L'intervalle de la F qui peut maintenir des rendements à 95 % du rendement à la F_{RMS} correspond à $F = 0,25$ à $0,45$. Le manque de sensibilité du rendement par rapport au choix de la F à proximité de la F_{RMS} semble être un résultat plutôt général. Il en ressort que les estimations précises de la F_{RMS} , qui sont souvent difficiles à calculer, ne sont peut-être pas nécessaires pour établir l'intervalle dans lequel des rendements élevés à long terme peuvent être obtenus. L'ajustement des F cibles pourrait ne pas être nécessaire pour le niveau des variations modérées en matière de croissance, de maturation, etc. observées pour le cabillaud de la Baltique. Cependant, une incertitude pourrait concerner la biomasse à laquelle le RMS peut être obtenu.

Conclusions

- Les données issues de l'analyse d'un seul stock ne suffisent pas à détecter les différences de résilience du stock-recrutement (pente à l'origine) d'un stock ou d'une période à l'autre.
- Les capacités de charge sont différentes d'un stock et d'une période à l'autre, en particulier pour le cabillaud de la Baltique orientale.
- Le recours à des modèles de stock-recrutement pour une seule espèce sans tenir compte de l'incertitude des paramètres et de la forme fonctionnelle du modèle peut donner des résultats très différents.
- Un rendement élevé (> 95 % du rendement maximal) peut être obtenu dans toutes les situations si l'intervalle de la F est compris entre 0,2 et 0,5, avec une perte de rendement inférieure à 4 % aux estimations ponctuelles extrêmes pour une F_{RMS} estimée entre 0,25 et 0,4.
- Pour ces stocks, si l'objectif consiste à maintenir le rendement, il serait probablement inutile de modifier les valeurs de la F cible afin d'atteindre des rendements proches du RMS dans différents régimes de la mer Baltique.

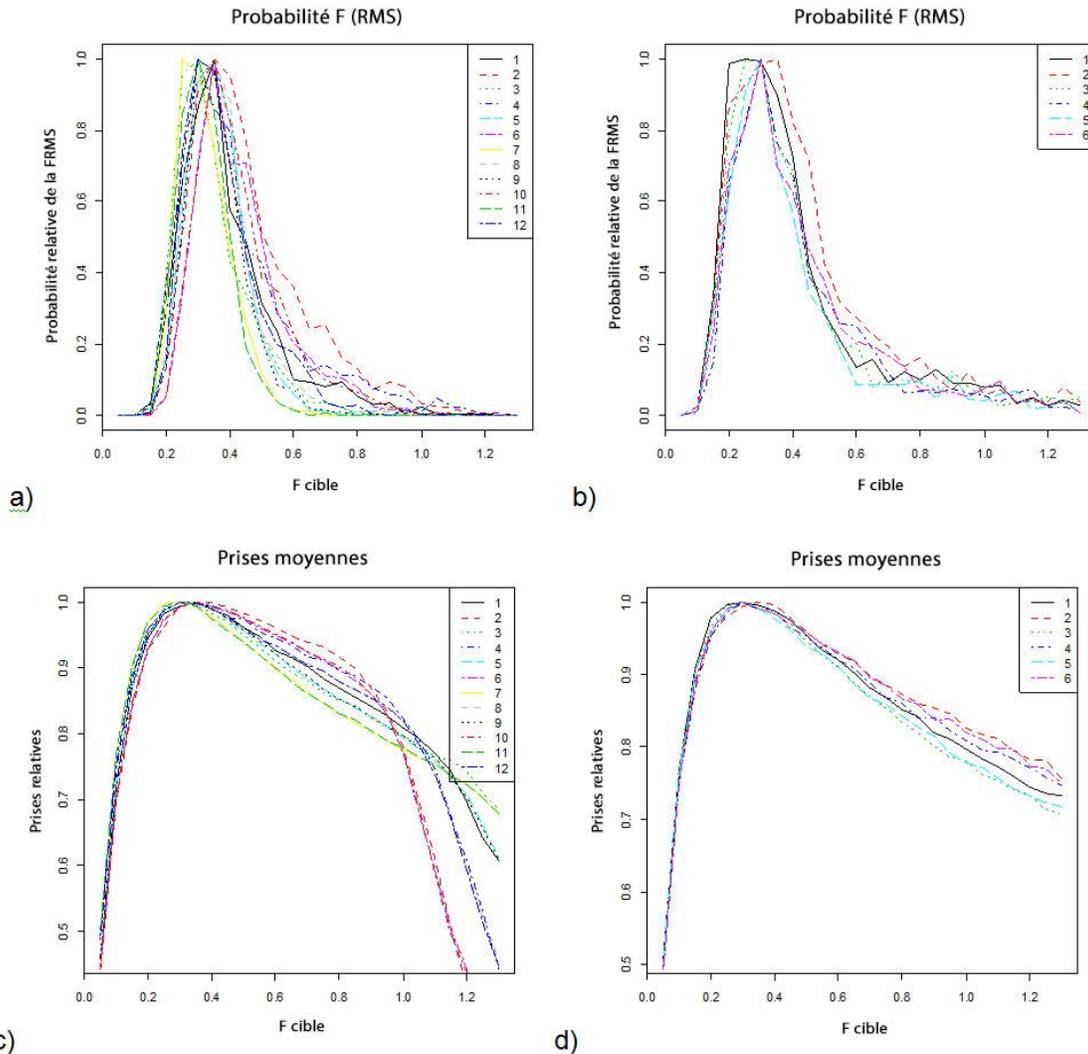


Figure 3-1 - Exploitation du cabillaud de la Baltique orientale et occidentale en conditions d'équilibre. Distribution des valeurs de la FRMS de la population (a, b) et taux de prise moyen par rapport à la F (c,d). En supposant que la pente à l'origine du stock-recrutement (un paramètre de la fonction du stock-recrutement) est commune d'un stock et d'une période de données à l'autre.

Discussion

- Une discussion a eu lieu à propos de la conception du modèle, notamment sur la façon d'utiliser les ensembles de population, la nature des données et la manière dont elles ont été intégrées au modèle.
- La manière dont ce modèle tient compte de la variation de la productivité a fait l'objet d'un débat. Le modèle ne traite pas de la variation de la productivité. L'auteur a conclu que, pour ces deux stocks de cabillaud, la variation de la productivité influence la valeur ponctuelle de la F_{RMS} , mais que ces différences de la F ne changent pas significativement le rendement relatif qui peut être obtenu à partir d'un intervalle de la F . La productivité dépend de la capacité à revenir à un bon régime. Cependant, comme le rendement varie lentement par rapport à la F , on a conclu qu'il existait des valeurs communes de la F pour deux régimes de stock-recrutement qui produisent un bon rendement (c'est-à-dire près de 95 % du rendement maximal).

PRÉSENTATION 4 : Modèle de production excédentaire, points de référence dans un environnement aléatoire : qu'est-ce que le RMS?

Auteurs : L-P. Rivest et Sophie Baillargeon, Université Laval

Les points de référence de base pour la gestion des pêches sont calculés à partir de modèles de production excédentaire. Ces modèles expriment la biomasse au moment $t+1$, soit B_{t+1} , comme étant la somme de la biomasse au moment t , soit B_t , et du recrutement au moment t , soit $f(B_t)$, déduction faite des prises au moment t , soit $C_t = FB_t$, où F est la mortalité par pêche. L'équation du modèle est la suivante :

$$B_{t+1} = B_t + f(B_t) - FB_t$$

La valeur stationnaire de la biomasse pour une mortalité par pêche F est la solution B_F de l'équation $B = B + f(B) - FB$, et le taux de pêche optimal est la valeur de la F qui maximise FB_F . Cette valeur maximale correspond au rendement maximal soutenu (RMS); la mortalité par pêche pour laquelle FB_F est à son maximum correspond à la F_{RMS} . B_{RMS} indique la valeur stationnaire de la biomasse du stock lorsque la mortalité par pêche est égale à la F_{RMS} .

Les présents travaux mettent l'accent sur le modèle de Pella et Tomlinson, dans lequel $f(B) = (p+1) \times r \times B \times \{1 - (B/K)^p\}/p$, où K , la capacité de charge, est la biomasse maximale du stock, r est le paramètre de croissance et p est un paramètre de forme. Le cas $p = 1$ produit le modèle de Schaefer, alors que, lorsque p prend une valeur nulle, on obtient le modèle de Fox, dans lequel $f(B) = -r \times \ln(B/K)$. Le calcul des points de référence est facile à effectuer pour cette catégorie de modèles. Les résultats sont bien connus, $F_{RMS} = r$, $RMS = r \times K/(p+1)^{1/p}$, tandis que $B_{RMS} = K/(p+1)^{1/p}$. Nous appelons ces valeurs des points de référence déterministes, car ils sont calculés à partir de modèles de production excédentaire déterministes.

Un autre modèle, peut-être plus réaliste, prend pour hypothèse que, outre un recrutement déterministe, le stock subit chaque année une perturbation multiplicative aléatoire, ε_t . L'équation du modèle devient la suivante :

$$B_{t+1} = \{B_t + f(B_t) - FB_t\} \times \varepsilon_t,$$

où ε_t est une variable aléatoire positive dont l'espérance est 1 et la variance σ^2 . Cela définit un processus stochastique. Dans des conditions de régularité convenables, ce processus stochastique est associé à une distribution stationnaire. Bousquet, Duchesne et Rivest (2008) proposent certaines conditions pour l'existence d'une telle distribution stationnaire dans le modèle stochastique de Schaefer. Dans le contexte de la famille générale de Pella et Tomlinson, ces conditions deviennent les suivantes :

- $F < r \times (p+1)/p$; une mortalité par pêche supérieure à $r \times (p+1)/p$ entraîne l'effondrement de la population;
- les perturbations aléatoires ε_t ont un support borné;
- il existe une borne supérieure pour la variance de ε_t .

Série de biomasse en stratégie de récolte optimale

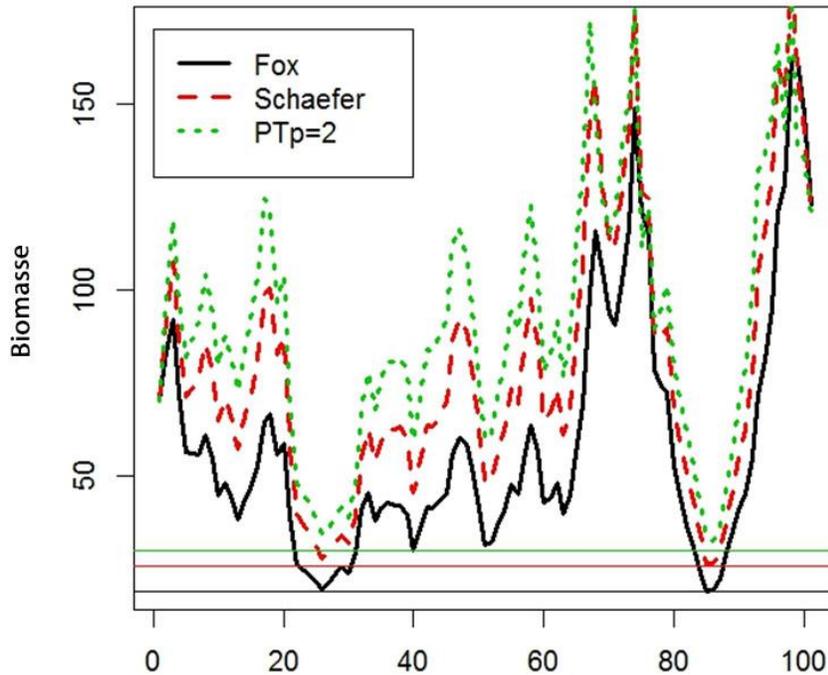


Figure 4-1. Cent réalisations successives de la B_{RMS} pour les modèles de Fox, Schaefer et Pella et Tomlinson, avec $p = 2$ lorsque $K = 128$, $r = 0,2$, $\sigma = 0,18$ et $\rho = 0,5$.

Dans un environnement aléatoire, la valeur stationnaire des prises, FB_F , est la variable aléatoire qui change d'une année à l'autre. Dans ce contexte, la mortalité par pêche optimale, F_{RMS} , est la valeur pour laquelle l'espérance de FB_F est maximale et le RMS stochastique maximal correspond à la valeur maximale de cette espérance.

Cette présentation donne une approximation du premier ordre des points de référence stochastiques lorsque la variance de l'erreur de perturbation σ^2 est faible. Lorsque $\sigma^2 = 0$, les points de référence stochastiques correspondent aux points de référence déterministes susmentionnés. Les résultats présentés ci-après ont été obtenus en exécutant des développements en série de Taylor pour l'espérance de la biomasse stationnaire près de sa valeur déterministe. Cette opération a été effectuée dans un milieu général, où on a supposé que les erreurs suivent un processus AR(1) : $E(\varepsilon_{t+1} - 1 | \varepsilon_t) = \rho \times (\varepsilon_t - 1)$, où ρ est l'autocorrélation du premier ordre. Le cas $\rho = 0$ donne des perturbations indépendantes. Les valeurs de ρ supérieures à 0 expliquent l'occurrence successive de séquences de bonnes et de mauvaises années. Voici les approximations des points de référence stochastiques :

$$F_{MSY}(\sigma) \approx r - p \frac{1-r}{(2-r)^2} \frac{1+\rho-r\rho}{1-\rho+r\rho} \sigma^2 - \frac{pr\rho\sigma^2}{(2-r)(1-\rho+r\rho)^2}$$

$$MSY(\sigma) \approx \frac{rK}{(p+1)^{1/p}} \left(1 - \frac{(p+1)}{2r(2-r)} \frac{1+\rho-r\rho}{1-\rho+r\rho} \sigma^2 \right)$$

$$E B_{MSY}(\sigma) \approx \frac{K}{(p+1)^{1/p}} \left(1 - \frac{1+r(p-1)/2}{2r(2-r)^2} \frac{1+\rho-r\rho}{1-\rho+r\rho} \sigma^2 + \frac{pr\rho\sigma^2}{(2-r)(1-\rho+r\rho)^2} \right)$$

Les points de référence stochastiques sont plus petits que leurs homologues déterministes. L'importance de la différence augmente avec le paramètre de forme p . Le modèle de Fox est moins

touché par les perturbations aléatoires que les autres modèles. L'autocorrélation ρ a un effet multiplicatif sur la variance et augmente l'incidence des perturbations.

Pour illustrer les variations aléatoires de la distribution de la biomasse, la figure 4-1 contient 100 réalisations successives de la B_{RMS} pour les modèles de Fox, de Schaefer et de Pella et Tomlinson, où $p = 2$ lorsque $K = 128$, $r = 0,2$, $\sigma = 0,18$ et $\rho = 0,5$. La F_{RMS} pour les trois modèles, calculée grâce à la formule ci-dessus, correspond à 0,2 (modèle de Fox), 0,171 (modèle de Schaefer) et 0,143 (modèle de Pella et Tomlinson), lorsque $p = 2$. Les lignes horizontales en couleur correspondent aux limites de précaution $0,4 \times B_{RMS}(0)$ pour les trois modèles. Cette figure souligne la volatilité de la série de la biomasse; les perturbations aléatoires ϵ_t peuvent amener la biomasse à des niveaux très faibles, même avec une stratégie de pêche stochastique optimale.

Discussion

- L'un des principaux points de ce travail est que le parti pris créé par l'erreur due au processus autocorrélée a un effet de renforcement de l'incertitude globale.
- On s'est penché sur les erreurs dues au processus. Un participant a fait remarquer que certaines personnes intègrent les erreurs dues au processus dans la composition de leurs modèles, mais ne tiennent pas compte du fait que les points de référence changent en cas d'erreurs dues au processus, d'autant plus si ces dernières sont corrélées.
- Un autre participant a indiqué que si les erreurs dues au processus sont corrélées, cela signifie que le modèle est faux et omet de tenir compte d'une variable quelconque.
- Les participants ont discuté des situations dans lesquelles il convient d'utiliser l'autocorrélation; l'un d'entre eux a suggéré que, si quelque chose doit être corrélé, il faut formuler une hypothèse concernant ce qui se passe.
- Lorsque la productivité varie, les points de référence en matière de RMS dépendent de l'amplitude de la variation. L'autocorrélation dans le domaine de la variabilité de la productivité a un effet stimulant sur les changements des points de référence en matière de RMS.

PRÉSENTATION 5 : Production, régimes et règles de contrôle des prises variant en fonction du temps

Auteur : R. Mohn

Des études de cas provenant de deux stocks au Canada atlantique sont présentées; elles affichent une production hautement variable sur la période de l'enquête. L'une portait sur la morue de l'est du plateau néo-écossais (4VsW), qui est fermée à la pêche depuis 1993. La figure 5-1 indique le changement de la biomasse et des prises depuis la fin des années 1950 (Mohn et Rowe 2011). L'autre concernait l'aiglefin de l'ouest du plateau néo-écossais (4X), qui est encore pêché, mais à des niveaux de prise moins élevés que ceux qui ont été observés au milieu des années 1980 (Mohn *et al.* 2010). La figure 5-2 illustre la dynamique de ce stock depuis le début des années 1960.

Les stocks ont été estimés à l'aide d'une analyse de population virtuelle (APV), M étant défini par la méthode de marche aléatoire (Mohn et Rowe 2011). Les données ont été étendues au-delà des évaluations standard à l'aide de certaines suppositions concernant la croissance et les prélèvements. La production a été estimée à l'aide d'une version de l'analyse Sissenwine-Shepherd; les données d'entrée ont été réparties en fenêtres mobiles afin d'obtenir une certaine résolution temporelle. La méthode est une extension de celle indiquée dans Mohn et Chouinard (2007). La figure 5-3 illustre la production en fenêtre mobile de la morue dans 4VsW du point de vue de la B_{RMS} et du RMS. Un changement de productivité (du point de vue du RMS) est assez flagrant au début des années 1990. Avant ce changement, la B_{RMS} approchait les 100 kt, alors que par la suite, elle était inférieure à 20 kt.

Les points de référence biologiques standard fondés sur la B_{RMS} changeraient également selon un rapport similaire. L'influence des données d'entrée individuelles sur le RMS variant avec le temps a également été estimée. La figure 5-4 illustre l'influence des changements de croissance et de mortalité naturelle. La majeure partie du changement de productivité du point de vue du RMS semble provenir du changement de la mortalité naturelle.

Une analyse et des résultats analogues sont produits pour l'aiglefin dans 4X. Bien que la B_{MRS} présente un plateau jusqu'à environ 1974, la production montre une tendance à la baisse sur la première moitié de la période de données, suivie par un plateau qui présente une bosse centrée autour de l'année 1993 (figure 5-5). La figure 5-6 examine les contributions des changements de croissance et de mortalité naturelle. La mortalité naturelle et la croissance contribuent toutes deux bien en-deçà de la moyenne à long terme, mais un récent recrutement satisfaisant a compensé leurs répercussions. Par conséquent, le stock est viable, même si la production a été réduite.

Deux questions doivent être abordées. Premièrement, un changement de régime s'est-il produit? Deuxièmement, dans l'affirmative, à partir de quelle période les points de référence biologiques (PRB) devraient-ils être définis? On peut définir un changement de régime comme une transition rapide d'un niveau de productivité à un autre. Nos études de cas seront examinées à la lumière de ce critère. La production et les PRB pourraient être définis pour toutes les données disponibles, à partir de la période productive la plus ancienne ou des récentes périodes non productives. Des PRB définis à partir de la première période seraient indiqués si 1) la viabilité du stock était en péril, 2) le retour à cet état était probable et 3) le retour était facilité par des interventions de conservation. L'utilisation de la récente période non productive pour définir les PRB serait indiquée si la ressource était captive du régime en cours sans que la viabilité ne pose problème. L'utilisation de la période complète ne serait que rarement privilégiée.

Pour la morue et l'aiglefin, on a remarqué un changement significatif de la production, bien qu'il s'agisse pour la morue davantage d'un régime, car la transition du premier au dernier stade est relativement rapide sur deux périodes de productivité considérablement différente. Dans le cas de la morue, la référence devrait être fondée sur la période productive lorsqu'il est possible (probable?) de revenir à des conditions plus productives et qu'une biomasse du stock reproducteur (BSR) accrue peut y contribuer. Pour l'aiglefin, les références biologiques pourraient être fondées sur les paramètres récents. Cela s'explique par le fait que le stock est viable et qu'un retour à une croissance plus élevée est peu probable à court terme.

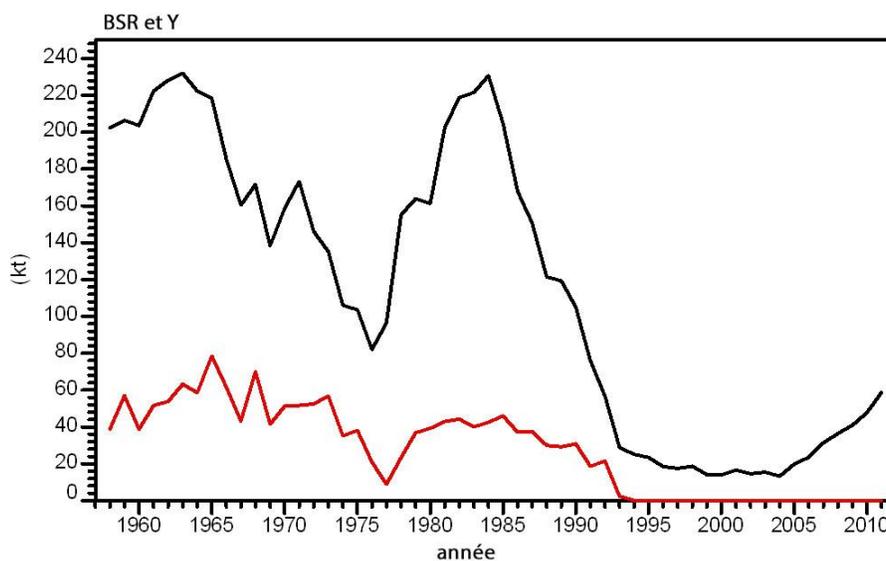


Figure 5-1. Biomasse totale (ligne noire) et prises (rouge) de la morue dans 4VsW.

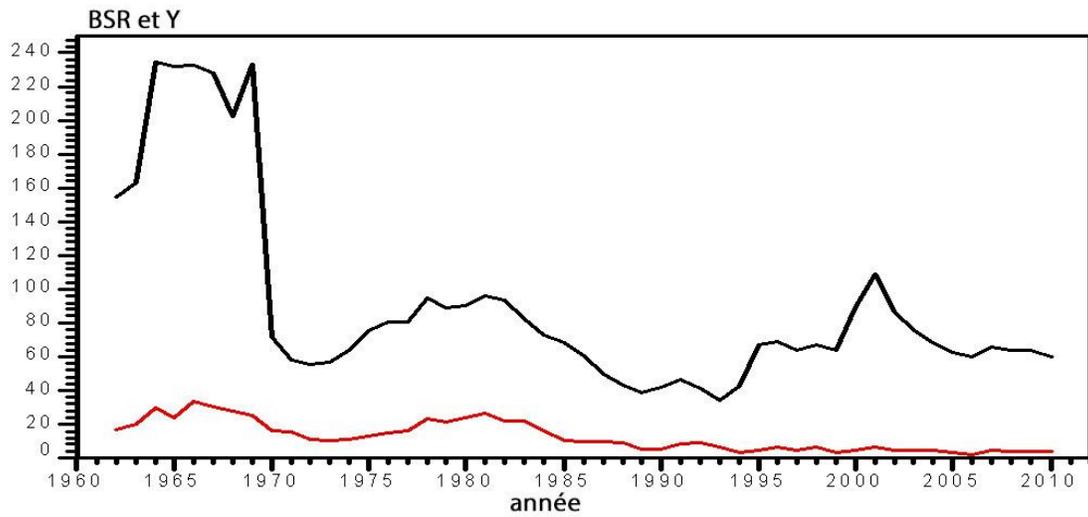


Figure 5-2. Biomasse totale (ligne noire) et prises (rouge) de l'aiglefin dans 4X.

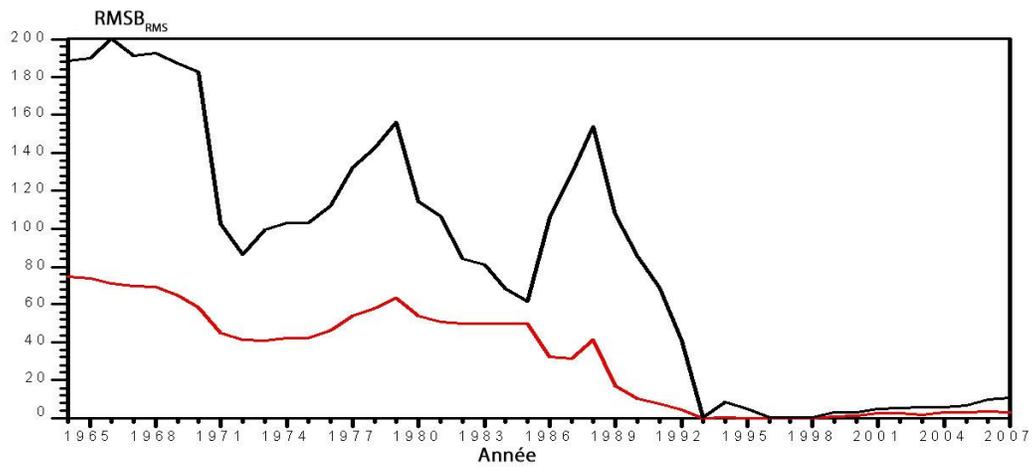


Figure 5-3. Estimation du RMS variant avec le temps (ligne rouge) et de la B_{RMS} (noire) pour la morue dans 4VsW.

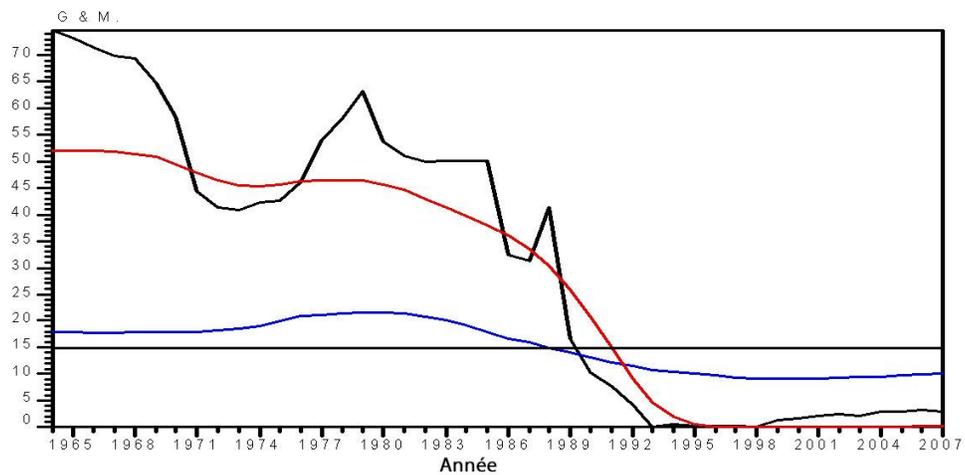


Figure 5-4. RMS variant avec le temps pour la morue dans 4VsW et contributions des changements de mortalité naturelle (ligne rouge) et de croissance seulement (ligne bleue).

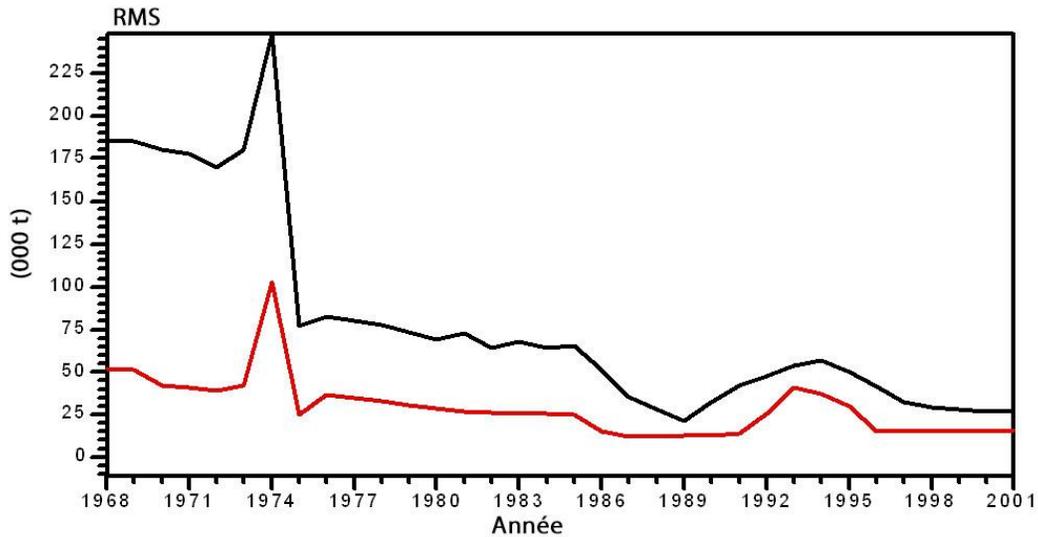


Figure 5-5. Estimation du RMS variant avec le temps (ligne rouge) et de la B_{RMS} (noire) pour l'aiglefin dans 4X.

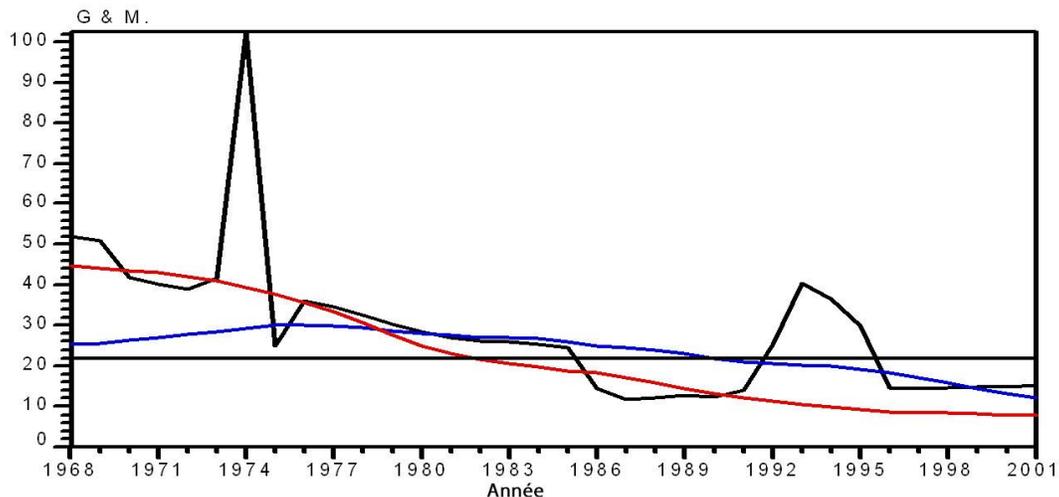


Figure 5-6. RMS variant avec le temps pour l'aiglefin dans 4X et contributions des changements de mortalité naturelle (ligne rouge) et de croissance seulement (ligne bleue).

Discussion

- Les participants ont discuté des répercussions des changements de mortalité naturelle, de la meilleure façon de les intégrer à un modèle et de la réversibilité éventuelle des changements de M . Cela pourrait dépendre des cas. Il est conseillé d'examiner les risques de la pêche selon différentes hypothèses de M à l'avenir (c'est-à-dire réversible ou non).
- On a abordé le sujet du faible recrutement dans les stocks de morue, malgré le fait que la reproduction semble bonne. Le recrutement est plus faible parce que la croissance est lente, mais également parce que M chez les pré-recrues pourrait être élevé.
- On a examiné la prévisibilité des régimes et à quel point ces prévisions sont valables dans l'avenir.
- Les participants ont discuté plus en détail du degré de réversibilité des régimes de productivité.

-
- Autre point important, les éléments de la productivité devraient être examinés individuellement pour voir ce qui se passe.
 - L'incertitude associée aux cibles et à la taille du stock devrait être calculée en pratique.

PRÉSENTATION 6 : Les rôles relatifs de la pêche et de la productivité biologique dans la dynamique des stocks de poisson : le passé peut nous aider à comprendre le présent et à concevoir l'avenir

Auteur : Margit Eero. Présenté par C. Ulrich

L'une des principales tâches de la gestion des pêches consiste à s'assurer que la récolte est prélevée de façon durable en facilitant, entre autres, le rétablissement des stocks de poisson décimés, et en maintenant les populations à des niveaux sains. Le principal instrument de réglementation de la récolte des stocks de poisson exploités à des fins commerciales dans l'Atlantique Nord est le total autorisé des captures (TAC) annuel, qui correspond à un certain niveau de mortalité par pêche. Cet article analyse les tendances historiques observées dans les biomasses des stocks de poisson évalués dans l'Atlantique Nord et met l'accent sur l'importance relative du niveau de mortalité par pêche par rapport à la productivité du stock en vue de déterminer les tendances relatives à la biomasse. Les résultats indiquent que les variations temporelles des taux de production ont largement déterminé les diminutions et augmentations observées de la biomasse du poisson, alors que la mortalité par pêche à elle seule n'a généralement qu'un lien limité avec les tendances relatives à la biomasse. L'importance du taux de production relatif pour le rétablissement des stocks est confirmée par un exemple récent de rétablissement des stocks de cabillaud de la Baltique orientale. La biomasse de ce stock a rapidement augmenté au cours des dernières années, ce qui s'explique principalement par une hausse temporaire du taux de production, alors qu'aucun développement positif similaire n'a été observé dans les autres stocks décimés de morue de l'Atlantique Nord au cours des dernières décennies, malgré de fortes réductions des TAC. Les longues séries chronologiques peuvent aider à comprendre les changements de productivité des stocks, un paramètre important à l'origine des changements de biomasse du poisson. En outre, les leçons tirées des tendances historiques relatives aux facteurs de la dynamique des stocks pourraient aider à concevoir des cadres de gestion qui auraient de meilleures chances de réussir à rétablir les populations décimées, qui ne sont pas favorisées par les processus biologiques.

Discussion

- On s'est inquiété de savoir si les mesures de la productivité des stocks déterminent l'augmentation ou la diminution de la biomasse, ou si elles reflètent simplement l'apparition de ces changements.
- Les participants ont émis l'idée que lorsque l'on connaît le moment où un événement s'est produit, on peut réfléchir à ses causes.
- Le problème des débarquements illégaux et de leurs répercussions sur les données historiques relatives aux prises a fait l'objet d'une discussion. En ce qui concerne le cabillaud de la Baltique orientale, on considère généralement que les erreurs de déclaration s'élèvent à 40 %. De plus, certaines données d'enquête n'incluent pas la question des débarquements illégaux.
- À l'instar des débarquements illégaux, de nombreux stocks de poisson canadiens font l'objet d'une pêche de subsistance; à l'heure actuelle, il n'existe aucune exigence en matière de production de rapports sur les taux de pêche de subsistance. Le fait que la pêche de subsistance ne soit pas déclarée et varie d'un stock et d'une année à l'autre signifie que ses répercussions globales sur la pêche ne sont pas connues.

PRÉSENTATION 7 : Objectifs généraux de MYFISH

Auteur : C. Ulrich

MYFISH est un projet de recherche paneuropéen de quatre ans financé par l'Union européenne, qui a débuté en 2012. Le projet MYFISH est motivé par les principaux obstacles suivants à la mise en œuvre efficace de la gestion actuelle du RMS :

- Comment tenons-nous compte du fait que l'optimisation du rendement d'un stock aura des répercussions sur les autres stocks en raison de la nature multi-flottes de la pêche et des interactions biologiques entre les stocks de poisson?
- Comment harmonisons-nous des objectifs potentiellement contradictoires du point de vue de l'écosystème, de l'économie et de la société, tout en tenant dûment compte du risque afin de veiller à ce que les pêches soient durables au sens le plus large du mot?
- Comment envisageons-nous la variabilité et les tendances liées aux conditions environnementales, économiques et sociales qui influent sur la productivité et la distribution des stocks, les interactions des espèces, les techniques de pêche, ainsi que la dynamique des pêches et la tendance des stocks à être ciblés?
- Comment devrions-nous mettre en œuvre la gestion du RMS pour qu'elle soit acceptable, opérationnelle et efficace?

Ces problèmes se rencontrent dans toutes les eaux européennes et dépassent les frontières de l'Europe, car la gestion du RMS est en passe de devenir l'objectif mondial de la gestion des pêches. La définition des variantes de RMS, l'évaluation de l'effet produit par les tentatives de les atteindre et le cadre opérationnel de mise en œuvre s'appliquent tous à des régions plus vastes que de simples endroits et pêches. De plus, la nécessité de mettre en place une gestion du RMS s'applique aux stocks et aux pêches bien et peu documentés.

Le projet MYFISH produira des définitions des variantes de RMS, des évaluations de l'effet et de l'opportunité des tentatives de les atteindre, ainsi qu'un cadre opérationnel de mise en œuvre. Pour atteindre cet objectif et s'assurer que les résultats du projet sont cohérents, opérationnels et pertinents à l'échelle locale, régionale et mondiale, les participants au projet MYFISH travailleront en collaboration continue avec les parties intéressées dans tous les territoires des comités consultatifs régionaux (CCR). Le projet traitera des pêches simples et mixtes d'espèces pélagiques et démersales dans les régions européennes qui vont de la mer du Nord à la Méditerranée et combinera à cela d'étroites associations avec des scientifiques au Canada, aux États-Unis et en Nouvelle-Zélande. Le projet MYFISH établira des lignes directrices concernant les variantes du RMS à l'égard des stocks pour lesquels on dispose de longues séries chronologiques d'excellente qualité et de paramètres biologiques pertinents, ainsi que pour les situations peu documentées, et abordera les effets de l'absence de stationnarité dans les milieux écologiques, économiques et sociaux. Ce projet aura pour résultat final un cadre opérationnel qui peut être mis en œuvre en vue de la future gestion des stocks de poisson européens et qui peut servir d'exemple pour la gestion des pêches à l'échelle mondiale.

Le projet MYFISH abordera tous les aspects de la pêche, des effets sur l'écosystème aux facettes économiques et sociales. Pour avoir toute garantie que le niveau scientifique sera le plus élevé possible dans tous les domaines, le projet comprendra la participation de scientifiques dont l'expertise va de la pêche et des effets de cette dernière sur les écosystèmes aux sciences économiques et sociales. La coopération de scientifiques dont les champs de spécialisation sont complémentaires fera en sorte que les résultats du projet soient acceptables et pertinents pour les spécialistes et pour le monde scientifique au sens large.

Les responsables du projet MYFISH communiqueront avec des gestionnaires tout au long de la durée du projet afin de s'assurer que les résultats sont disponibles pour pouvoir être intégrés à la gestion dès que possible. Pour ce faire, le projet produira des lignes directrices générales relatives aux variantes du

RMS, qui seront mises à disposition des gestionnaires au cours de la première année, des tables d'aide à la décision qui donneront une vue d'ensemble de l'évaluation des différentes variantes nécessaires pour prendre des décisions éclairées, ainsi que des recommandations, notamment des évaluations des répercussions sociales, qui seront disponibles pendant la dernière année du projet. Une coopération avec les parties intéressées se déroulera tout au long du projet afin de veiller à ce que les résultats soient acceptés et adoptés par les intervenants.

Discussion

- Les priorités divergentes entre les parties intéressées européennes et canadiennes ont fait l'objet d'une discussion. Les intervenants européens se préoccupent en général davantage de l'équité entre les pays.

PRÉSENTATION 8 : Points de référence et changements de productivité

Auteur : J. Rice

De nombreuses méthodes peuvent être utilisées pour estimer la position des points de référence établis par la gestion en ce qui concerne la biomasse et la mortalité par pêche. Lorsque des niveaux de référence supérieurs (de précaution) ou des points de référence inférieurs (limite) uniques sont estimés à l'aide de toutes les données disponibles sur la taille du stock et la force du recrutement, on suppose implicitement qu'il existe un seul lien sous-jacent entre la taille d'un stock et sa productivité. Ce lien subit bien sûr des variations annuelles qui peuvent être abordées de diverses façons dans la stratégie de gestion, à l'aide du point de référence. Cependant, lorsqu'il existe un lien systématique entre certains aspects de l'état de l'écosystème et la productivité du stock, on a souhaité le prendre en compte dans l'estimation des points de référence eux-mêmes, plutôt que dans la règle de contrôle.

Des travaux antérieurs sur les points de référence ont conclu que, lorsque le lien entre l'environnement et la productivité ne présente qu'une autocorrélation faible, voire nulle, il est plus efficace de tenir compte du lien dans l'aversion au risque appliquée à la règle de contrôle des prises plutôt que d'avoir des points de référence qui changent chaque année. Cependant, on a fait valoir que la productivité change parfois de manière similaire à un régime, c'est-à-dire qu'un stock dont la biomasse varie dans un certain intervalle peut connaître une série de recrutements donnée pendant une certaine période, puis afficher plutôt soudainement une série de recrutements différente qui se poursuit sur une deuxième période. On a avancé que ces régimes de productivité ont été causés par des modifications des conditions environnementales (comme l'oscillation décennale du Pacifique) et par des modifications des propriétés relatives au cycle biologique du stock lui-même.

Cette présentation a étudié s'il serait avantageux de modifier les points de référence lorsque l'on suppose l'existence de régimes de productivité pour un stock, et dans quelles conditions les modifier. L'une des principales préoccupations à cet égard est la suivante : si des régimes de productivité se produisent, au moins trois dynamiques de population différentes peuvent s'appliquer d'un régime à l'autre, et leurs implications pour les points de référence ne sont pas les mêmes. Ces différences étaient illustrées par les inégalités mathématiques qui les décrivent et par une explication narrative de ce qui se produit sur le plan écologique.

Si la modification du régime entraîne une chute de la capacité de charge de l'écosystème liée à la densité en ce qui concerne le stock, un nombre moins élevé de recrues est nécessaire pour saturer la capacité de production de l'écosystème. En conséquence, le nombre de reproducteurs requis pour produire le nombre de recrues nécessaires est inférieur et les points de référence de la biomasse pourraient être moins élevés. Si la modification du régime entraîne une augmentation du taux de mortalité du stock indépendant de la densité (en particulier des pré-recrues), il faut produire plus d'œufs et de larves pour qu'un nombre suffisant d'entre eux survive afin de maintenir le recrutement à la pêcherie et le stock reproducteur. Par conséquent, les points de référence de la biomasse devraient

être plus élevés. Si la modification du régime entraîne des changements énergétiques ou physiologiques chez les adultes, comme une baisse de la fécondité chez les femelles, un nombre plus élevé de reproducteurs est nécessaire afin de produire suffisamment d'œufs pour profiter de la capacité de production de l'environnement. Par conséquent, les points de référence de la biomasse devraient être plus élevés.

Les modifications des données démographiques d'une population qui ont des effets similaires (moins d'individus pris en charge par l'écosystème, viabilité plus faible des œufs ou des larves, fécondité par individu ou par kilogramme plus faible chez les femelles) auraient les mêmes répercussions sur les points de référence. Si les points de référence devaient être modifiés de façon appropriée, le taux d'exploitation devrait nécessairement changer dans le bon sens pour maintenir la productivité du stock, afin que les directives liées au taux d'exploitation soient cohérentes avec les modifications des points de référence de la biomasse.

Ces considérations plus détaillées au sujet des processus biologiques associés aux changements de régime vont à l'encontre de la simple notion que les « régimes de productivité plus faible » signifient nécessairement des points de référence de la biomasse moins élevés. Sur les trois processus possibles, deux nécessiteraient plutôt des points de référence de la biomasse plus élevés. Pour pouvoir effectivement apporter les changements appropriés aux points de référence, plusieurs conditions préalables devraient être respectées : la nature de la productivité du régime devrait être bien documentée; chaque régime de productivité devrait se maintenir pendant plusieurs années avant de changer; il serait nécessaire de savoir si le ou les mécanismes qui provoquent le changement du régime correspondent à une modification de la capacité de charge, de la survie indépendante de la densité chez les jeunes ou de la fécondité chez les adultes. Même une fois ces conditions préalables remplies, un nombre suffisant de données devrait être disponible afin d'estimer des points de référence corrects pour chaque régime. Il est rare que toutes les conditions soient remplies et que toutes les données nécessaires soient disponibles. Par conséquent, il est probablement plus pratique de gérer les régimes productifs à l'aide de règles de contrôle strictes associées à des paramètres stables, plutôt que par des ajustements des points de référence ou des déclencheurs utilisés dans le cadre de la règle de contrôle.

Discussion

- Les points de référence devraient être fondés essentiellement sur toute la série des données, à moins qu'un régime semble avoir entraîné un changement de la capacité de charge. Dans ce cas, on pourrait envisager d'utiliser un sous-ensemble de données qui représentent le régime en question.
- Aucune ligne directrice n'a été fournie quant à l'âge que doit atteindre un régime avant de considérer le changement comme permanent et non réversible. Il n'existe probablement pas de réponse adéquate à cette question. Ce qui change, c'est notre perception de la probabilité que l'ancien régime réapparaisse. Une démarche qui tient compte de toute la série et des conditions qui s'étendent aux régimes pourrait produire des points de référence et des stratégies de pêche qui s'adaptent aux changements de régime observés.
- Les participants ont discuté de ce qui constitue un changement de régime et de la manière d'attribuer des points de référence si le régime productif est rare par rapport au régime moins productif. L'exemple utilisé était une série chronologique de 30 ans, dans laquelle on remarquait un régime productif sur cinq ans et un régime moins productif sur 25 ans. Lorsqu'on a dû décider s'il fallait considérer cet exemple comme comprenant deux régimes différents ou comme la rare occurrence d'une série de classes d'âge productives au sein d'un régime moins productif, les avis étaient partagés. La politique du MPO en matière d'AP prévoit que l'attribution des points de référence soit fondée sur la productivité la plus élevée, à moins que le

changement de régime ne soit irréversible, ce qui pourrait ne pas être idéal pour la gestion du stock.

- Un commentaire a été émis au sujet de la période relativement courte sur laquelle nous avons surveillé les stocks, qui se résume peut-être de 20 à 50 ans. Ce n'est pas très long pour comprendre la structure des régimes.
- Les participants ont indiqué qu'il était important de comprendre les facteurs qui dépendent de la densité et ceux qui en sont indépendants lorsque l'on étudie la productivité, car cela peut jouer un rôle déterminant lorsque l'on doit décider d'ajuster ou non les PR aux régimes.
- Certaines espèces subissent des changements systématiques au fil du temps, ce qui montre une tendance continue plutôt qu'un changement de régime. Il en est ainsi pour le saumon rouge du fleuve Fraser.

PRÉSENTATION 9 : Variabilité et autocorrélation des paramètres d'entrée des modèles et incidence sur les points de référence

Auteur : N. Cadigan

On a étudié l'incidence des erreurs dues au processus d'évaluation des stocks-recrues et de la mortalité naturelle sur les points de référence (PR) en matière de rendement maximal soutenu (RMS). Les erreurs dues au processus sont la principale source de variabilité des projections de la RMS. Si les projections stochastiques de la population donnent lieu à une répartition stationnaire (c'est-à-dire un état stable), on peut utiliser la moyenne de la répartition stationnaire comme points de référence pour la gestion des pêches, même s'il faut tenir compte de la variance de la répartition stationnaire de la taille de la population dans les décisions de gestion.

On fait varier deux facteurs importants des erreurs dues au processus, la variance et l'autocorrélation, pour examiner leur influence sur les points de référence de la RMS. Les résultats permettent de penser que les valeurs des points de référence de la RMS peuvent diminuer lorsque la variance ou l'autocorrélation des erreurs dues au processus est élevée. Cependant, dans ce cas, les projections stochastiques ne donneront peut-être pas une répartition stationnaire selon la manière dont les erreurs dues au processus sont intégrées dans le modèle de dynamique de la population.

Discussion

- Quelques participants ont fait remarquer que la sensibilité aux erreurs dues au processus dépend du cycle biologique et est liée au recrutement, c'est-à-dire que le cycle biologique de certaines espèces présente par nature une variabilité plus élevée dans les caractéristiques de la dynamique de la population, en particulier le recrutement. Cette variabilité complique-t-elle les choses lorsque l'on doit déterminer la stationnarité à long terme d'un processus?
- L'incidence des erreurs dues au processus de recrutement n'était pas importante, à moins que la variance de l'erreur ou le degré d'autocorrélation ne soient élevés.
- John Simmonds a résumé sa discussion par le texte suivant :
 - On peut résumer le cycle biologique et les caractéristiques de sélectivité de la pêche dans la relation rendement par recrue (RPR). L'interaction entre le rendement par recrue et la relation stock-recrutement domine les points de référence en matière de RMS et peut contribuer à évaluer leur sensibilité à la variabilité stochastique. La biomasse du stock reproducteur (B_{MAX}) associée au recrutement moyen et à l'exploitation moyenne à F_{MAX} (si elle est résolue sur la courbe du rendement par recrue) peut être située sur la courbe du stock-recrutement. Si la B_{MAX} se trouve sur la partie plane de la fonction du stock-recrutement, alors la F_{RMS} et la B_{RMS} seront égales aux valeurs du rendement par recrue

(F_{MAX} et B_{MAX}); si la fonction du stock-recrutement est croissante, la B_{RMS} est supérieure à la B_{MAX} et la F_{RMS} est inférieure à la F_{MAX} ; si la B_{MAX} se situe sur la partie décroissante du rapport du stock-recrutement (type Ricker), la F_{RMS} est supérieure à la F_{MAX} et la B_{RMS} est inférieure à la B_{MAX} . S'il est probable que la pente de la modélisation du stock-recrutement soit incertaine à la B_{MAX} , cela entraînera des estimations particulièrement incertaines de la F_{RMS} et de la B_{RMS} .

- En outre, il est possible de déduire l'influence probable de l'erreur due au processus. Si la B_{RMS} se trouve sur une partie relativement linéaire de la relation stock-recrutement, la variabilité stochastique ne devrait avoir qu'une faible incidence sur l'estimation de la F_{RMS} et de la B_{RMS} . Au contraire, si la F_{MAX} est mal définie et si F est relativement élevée, les valeurs de RMS seront déterminées par l'interaction entre la fonction du stock-recrutement et le rendement par recrue. Dans ce cas, les points du RMS se trouvent probablement dans une région courbe de la fonction du stock-recrutement et l'erreur due au processus stochastique entraînera un R moyen différent et une BSR variable en conséquence; cette variabilité aura une plus grande influence sur la F_{RMS} et la B_{RMS} .
- La situation peut être examinée en situant la B_{MAX} sur la courbe du stock-recrutement; cela oriente les décisions au sujet de la nécessité de tenir compte de l'influence probable des différentes fonctions potentielles du stock-recrutement et d'inclure ou non la variabilité stochastique dans l'évaluation.

PRÉSENTATION 10 : Enjeux actuels concernant les points de référence en matière de RMS pour la morue dans 3Ps

Auteurs : B.P. Healey, N.G. Cadigan, P.A. Shelton et M.J. Morgan

Le stock de morue de la sous-division 3Ps de l'OPANO est partagé entre le Canada et la France (en ce qui concerne Saint-Pierre-et-Miquelon). Bien que la biomasse des reproducteurs ait récemment chuté (voir Healey *et al.* 2010), ce stock s'est bien mieux comporté que les autres stocks de morue de l'Atlantique et n'a fait l'objet que d'un moratoire de trois ans sur la pêche dirigée au milieu des années 1990.

Pour le moment, les évaluations analytiques annuelles sont fondées sur une approche axée sur les relevés (SURBA; Cadigan 2010). Cette dernière produit des estimations de la mortalité totale ainsi que de la taille du stock par rapport au point de référence limite de la $B_{rétablissement}$. Le modèle SURBA utilisé dans les évaluations annuelles suppose que la mortalité totale peut être divisée en effets fixes par âge et par année :

$$Z_{a,y} = s_a f_y$$

Récemment, les gestionnaires de pêches ont demandé à recevoir des estimations de la B_{RMS} et de la F_{RMS} . Pour déterminer la F_{RMS} et le RMS, nous avons élargi le modèle d'évaluation en prenant simplement pour hypothèse que la mortalité par pêche est la quantité séparable et en donnant une valeur nominale à la mortalité naturelle :

$$Z_{a,y} = M_{a,y} + s_a f_y$$

Dans bien des situations, l'estimation des points de référence en matière de RMS peut exiger la prise de plusieurs décisions importantes. Dans le cas de la morue de 3Ps, nous illustrons la sensibilité de ces estimations par rapport au choix :

- i) du modèle d'évaluation;
- ii) des données biologiques (poids, maturités) et des tendances de sélection de la pêche;

iii) du modèle de stock-recrutement.

Bien que l'évaluation analytique actuelle des stocks de morue dans 3Ps soit fondée sur le modèle SURBA, les APV sont utilisées depuis de nombreuses années pour estimer la taille historique du stock. Les évaluations de la morue dans 3Ps fondées sur les APV ont été rejetées en raison de plusieurs problèmes, notamment de l'incertitude associée aux prélèvements annuels totaux. Cependant, des estimations indicatives de la B_{RMS} et de la F_{RMS} fondées sur les APV ont été calculées par prévision déterministe à long terme. Dans cette analyse, le recrutement a été produit à partir d'un modèle de Hockey Stick. L'adoption de cette approche a fourni une B_{RMS} estimée de 91 kt et une F_{RMS} estimée de 0,38.

L'estimation des points de référence en matière de RMS a également été effectuée à l'aide des données du stock-recrutement provenant de l'évaluation de la morue dans 3Ps de 2011, fondée sur le modèle SURBA. Deux modèles de stock-recrutement ont été ajustés à cet ensemble de données : le modèle de Beverton-Holt et une courbe de Watts-Bacon (voir Mesnil et Rochet 2010 pour de plus amples renseignements), qui prend la forme fonctionnelle suivante :

$$R(S) = \beta \left[S + \sqrt{S^{*2} + \gamma^2/4} - \sqrt{(S - S^*)^2 + \gamma^2/4} \right]$$

Ce modèle est un modèle par points d'inflexion (c'est-à-dire un modèle Hockey Stick) qui présente une transition lisse au point d'inflexion, le degré de lissage étant contrôlé par le paramètre .

Après avoir estimé les paramètres du modèle de stock-recrutement, les points de référence en matière de RMS ont été estimés de façon déterministe à l'aide de l'approche de Sissenwine-Shepherd (Sissenwine et Shepherd 1987). Comme le modèle SURBA ne produit que des estimations de la BRS à l'échelle des unités d'enquête, la B_{RMS} a été calculée en ajustant la B_{RMS} à l'échelle du relevé à la zone de relevé totale. Les points de référence ont été calculés à l'aide de chaque ajustement du stock-recrutement, la productivité future ayant été établie soit à une moyenne récente (2001 à 2010), soit à une moyenne à plus long terme (1983 à 2010) des conditions observées (figure 10-1). En ce qui concerne la morue dans 3Ps, les poids selon l'âge ont changé au fil du temps, mais on a constaté un déclin significatif à l'âge auquel 50 % des poissons atteignent la maturité. Outre ces facteurs biologiques, la moyenne de la tendance de sélectivité de la pêche a également été calculée sur les mêmes périodes.

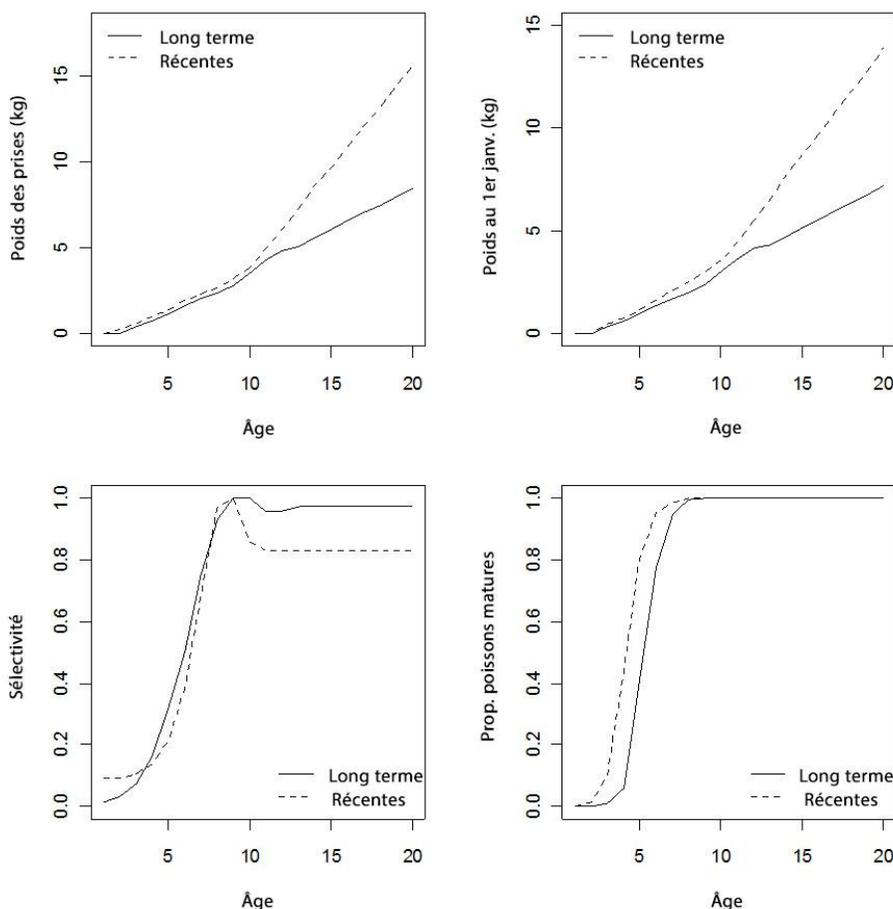


Figure 10-1. Paramètres biologiques et relatifs aux pêches utilisés pour estimer les points de référence en matière de RMS pour la morue dans 3Ps. Les valeurs récentes correspondent aux moyennes de 2001 à 2010 et la série à long terme représente une moyenne des valeurs de 1983 à 2010.

Lorsque l'on utilise les conditions moyennes à long terme et que l'on suppose un mécanisme de recrutement de Bacon-Watts, la B_{RMS} est égale à 31 kt et la F_{RMS} à 0,48. En utilisant les estimations du paramètre de Beverton-Holt, la B_{RMS} est égale à 19 kt et la F_{RMS} à 0,27. En règle générale, les modèles Hockey Stick peuvent être « dangereux » pour l'estimation des points de référence en matière de RMS, car la $F_{effondrement}$ peut être proche de la F_{RMS} (voir l'analyse dans Mesnil et Rochet 2010). Pour la morue dans 3Ps, sans preuve évidente du modèle de stock-recrutement qui pourrait être le plus approprié, deux choix de modèle arbitraire produisent des points de référence en matière de RMS considérablement différents.

Lorsque l'on utilise des conditions plus récentes pour estimer les points de référence, la B_{RMS} est égale à 21 kt et la F_{RMS} à 0,39 en supposant un mécanisme de recrutement de Bacon-Watts. Si l'on utilise une formulation de Beverton-Holt, les estimations du paramètre donnent une B_{RMS} de 30 kt et une F_{RMS} de 0,29.

Les estimations de la B_{RMS} et de la F_{RMS} pour la morue dans 3Ps sont assez sensibles au choix du modèle d'évaluation, au choix du modèle de stock-recrutement et, étant donné la portée des changements dans la proportion des poissons d'âge mature et dans les poids selon l'âge, aux données biologiques d'entrée prises en compte.

Plus généralement, nous suggérons la nécessité de travaux de simulation afin d'évaluer la stabilité du RMS pour certains des choix subjectifs requis. Le cas échéant, cela comprendrait l'évaluation de l'incidence de divers scénarios de productivité.

Tous les points de référence en matière de RMS pour la morue dans 3Ps indiqués aux présentes sont provisoires. La dispersion du stock-recrutement envisagée ne laisse pas clairement entendre une relation stock-recrutement plutôt qu'une autre. En outre, on remarque des écarts considérables entre les points de référence estimés selon deux choix arbitraires différents (fondés sur des observations antérieures) en ce qui concerne les données biologiques ou les tendances de sélection de la pêche supposées. L'éventail des estimations obtenues indique qu'une étude plus poussée est nécessaire.

Discussion

- La proportion changeante des poissons matures dans la population a fait l'objet d'une discussion. Le changement est progressif.
- Les participants ont parlé du type de courbe de stock-recrutement dont l'utilisation serait idéale pour l'analyse des données. Il est nécessaire de tenir compte de l'incertitude concernant la relation stock-recrutement.

PRÉSENTATION 11 : Les points de référence devraient-ils changer en cas de changement de productivité? Une perspective appliquée à la morue dans 4T

Auteur : D. Swain

La question de savoir si les points de référence devraient changer en cas de changement de productivité a été abordée en ce qui concerne le stock de morue dans le sud du golfe du Saint-Laurent (appelé morue dans 4T). La discussion a mis l'accent sur les points de référence de la biomasse plutôt que sur les points de référence de la mortalité par pêche (F). On a suggéré que la réponse à cette question dépend de la cause du changement de productivité. Si le changement de productivité est lié à un changement de taille du stock, les points de référence ne devraient pas être modifiés. Comme exemples de ce type de changement de productivité, on peut citer le déclin de la productivité lié à la densité à un niveau de forte abondance et l'effet dépensatoire à un niveau d'abondance faible. Toutefois, si le changement de productivité reflète une modification de régime qui comprend des changements de conditions externes à la population (p. ex., des modifications des conditions environnementales), une modification des points de référence pourrait alors être justifiée, bien que la réponse dépende de l'aspect de la productivité concerné. De façon générale, on a fait valoir que les points de référence de la biomasse devraient être ajustés à la suite d'une modification de régime si le changement de productivité est lié à la capacité de charge K , mais pas s'il est lié au taux de croissance intrinsèque r (même si les points de référence de la F devraient être ajustés dans ce cas).

Ces questions ont été illustrées à l'aide du stock de morue dans 4T. La productivité de ce stock a chuté au milieu des années 1980. La production par unité de biomasse fluctuait autour de zéro dans les années 1990 et on a observé une production déficitaire tout au long des années 2000. Tous les aspects de la productivité (taux de recrutement, taux de croissance individuel et taux de mortalité naturelle) ont contribué au déclin de la productivité.

La mortalité naturelle estimée de la morue adulte (de 5 ans et plus) a augmenté pendant les années 1980 et a fluctué entre 0,6 et 0,8 tout au long des années 1990 et 2000 (figure 11-1). Swain *et al.* (2011) ont examiné les éléments à l'appui d'une série d'hypothèses concernant les causes de l'élévation de mortalité naturelle de la morue âgée de 5 ans et plus dans 4T. Trois des hypothèses étaient étayées : 1) des prises non déclarées à la fin des années 1980 et au début des années 1990, 2) la mortalité due à la mauvaise condition des poissons combinée à une maturation précoce, au début des années 1980 (en raison d'une chute de la disponibilité de la nourriture par individu, liée à la densité), à la fin des années 1980 et au début des années 1990 (à la suite de conditions environnementales difficiles), et 3) une fosse aux prédateurs causée par l'effondrement de l'abondance de la morue à la fin des années 1980 et au début des années 1990, combinée à une abondance toujours croissante du phoque gris. La principale source de l'élévation de la mortalité naturelle dans les

années 2000 semblait être cette fosse aux prédateurs, qui est un genre d'effet dépensatoire. L'effet dépensatoire indique que la productivité a été gravement compromise et que le stock se trouve ainsi au-dessous du point de référence limite (PRL ou B_{LIM}). Ce type de changement de productivité ne devrait pas déclencher une révision des points de référence (à moins qu'il soit évident que le PRL a été précisé de façon incorrecte, c'est-à-dire qu'il a été établi à un niveau trop bas). La plupart des causes de l'augmentation de la mortalité naturelle qui se produit plus tôt dans la série chronologique (c'est-à-dire les prises non déclarées, les réductions de la taille et de l'âge à la maturation provoquées par les pêches [Swain 2011] et la mauvaise condition due à un déclin de la disponibilité de la nourriture par individu, lié à la densité) ne justifieraient pas non plus une révision des points de référence de la biomasse.

Le taux de recrutement de la morue dans 4T était inhabituellement élevé entre le milieu des années 1970 et le début des années 1980 (figure 11-2). Cela semblait refléter une diminution de la prédation exercée sur les œufs et les larves de morue par les poissons pélagiques, qui s'était effondrée en raison de la surpêche (Swain et Sinclair 2000). La biomasse des poissons pélagiques s'est rétablie et les taux de recrutement de la morue sont revenus à la normale au milieu des années 1980. On pourrait considérer cela comme une modification de régime, bien que, rétrospectivement, sa durée ait été trop brève pour justifier une révision des points de référence de la biomasse.

La taille selon l'âge de la morue dans 4T a brusquement diminué à la fin des années 1970 et au début des années 1980; elle est restée basse depuis cette date (figure 11-3). La diminution de la taille selon l'âge reflétait en grande partie une réaction phénotypique à une modification de la mortalité par pêche sélective en fonction de la taille, ainsi qu'une chute de la croissance liée à la densité (Sinclair *et al.* 2002). Les changements de productivité qui en découlent ne justifient pas une modification des points de référence. On ignore les motifs de la persistance du faible poids selon l'âge dans ce stock. Certaines preuves semblent indiquer une réaction génétique à la mortalité par pêche sélective en fonction de la taille dans ce stock (Swain *et al.* 2007), mais cette réaction devrait être réversible. La taille selon l'âge reste également faible en raison de la mortalité par prédation sélective en fonction de la taille et de la diminution du succès de la quête de nourriture associée au risque accru de prédation. Ces effets peuvent être considérés comme une combinaison de modification de régime et d'effet dépensatoire. Les causes de la réduction de la taille selon l'âge dans ce stock relèvent principalement d'un type qui ne devrait pas déclencher une révision des points de référence.

L'effet d'une « modification de régime » entre une biomasse élevée et une faible biomasse des poissons pélagiques (BPP) à un PRL fondé sur RK_{50} , la biomasse du stock reproducteur, lorsque le recrutement attendu selon le modèle de Ricker est à la moitié du maximum, a été examinée en incluant la BPP à titre de covariable de la relation stock-recrutement. L'ajout de cette covariable a considérablement amélioré l'ajustement de cette relation. Cependant, le PRL estimé était indépendant du niveau de la BPP.

L'estimation des points de référence de la biomasse en matière de RMS en situation de variation de la productivité a été examinée à l'aide d'un modèle de production de Schaefer contenant une erreur lognormale due au processus. On a suggéré que les changements de productivité devaient être modélisés sous forme de changements de K s'ils sont dus à des effets ascendants (p. ex., la disponibilité des proies) et sous forme de changements de r s'ils sont dus à des effets descendants (prédation). Les changements de productivité de la morue dans 4T ont été modélisés sous la forme de changements de r . Une forte distribution de probabilité a priori de r , estimée à l'aide de méthodes démographiques (McAllister *et al.* 2001), a été utilisée pour la période de 1971 à 1982, et r a été modélisé à l'aide de la méthode de marche aléatoire pour le reste de la série chronologique. Le modèle est bien ajusté aux données et les estimations de la biomasse correspondaient étroitement à celles qui ont été obtenues à partir des APV. Cependant, on a observé une forte tendance temporelle dans l'erreur due au processus. On a fait valoir que cela indiquait une mauvaise spécification de la structure du modèle, et que cette dernière devrait être révisée avant d'être utilisée pour estimer des points de référence.

On a conclu que les points de référence de la biomasse ne devraient pas être modifiés lorsque la productivité change en lien avec la taille du stock (p. ex., effet dépensatoire, y compris la fosse aux prédateurs) ou si le changement est un effet réversible de la pêche. En cas de changement de régime, on a conclu que les points de référence de la biomasse ne devraient être modifiés que si le changement de régime influe sur la capacité de charge (effets ascendants), et uniquement s'il s'agit d'un changement à long terme.

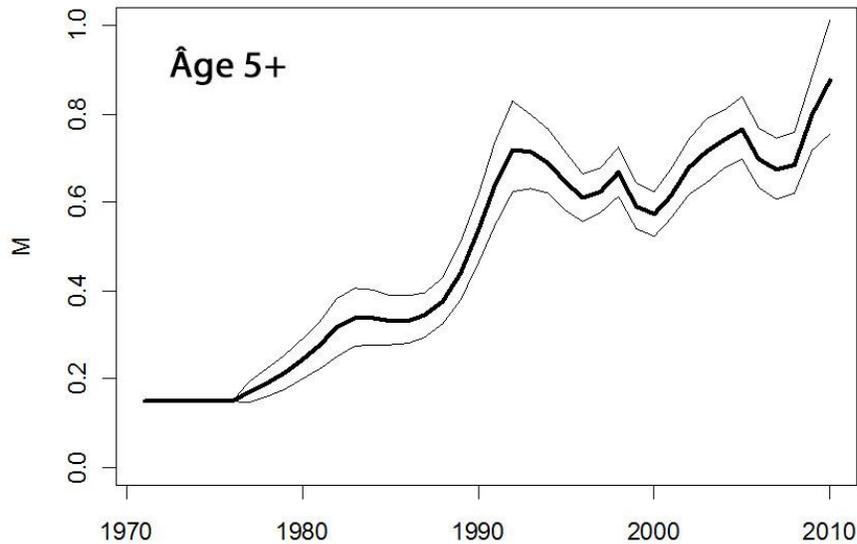


Figure 11-1. Estimation du taux de mortalité naturelle M instantané pour la morue du sud du golfe de Saint-Laurent âgée de 5 ans et plus.

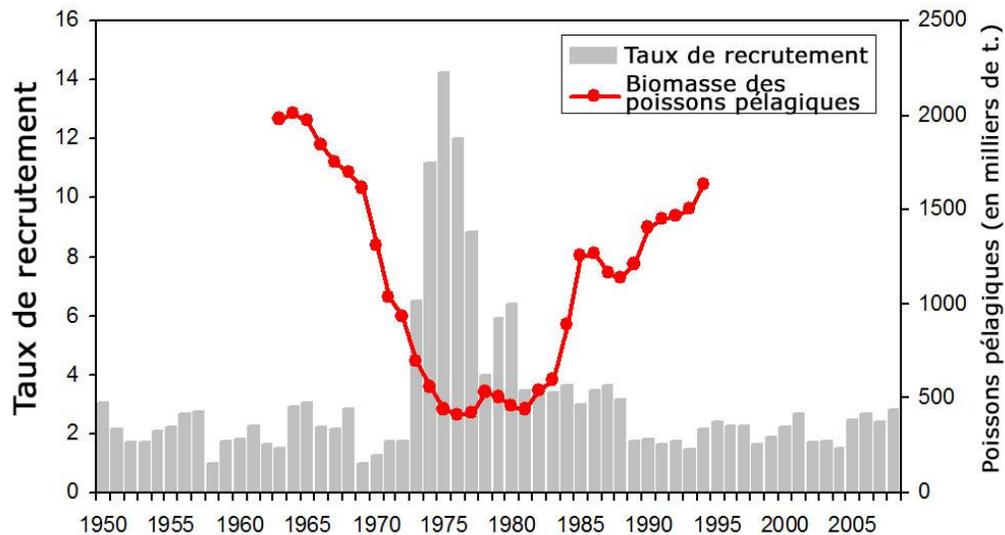


Figure 11-2. Taux de recrutement (recrues par unité de biomasse reproductrice) de la morue (barres grises) et biomasse des poissons pélagiques (hareng et maquereau) dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

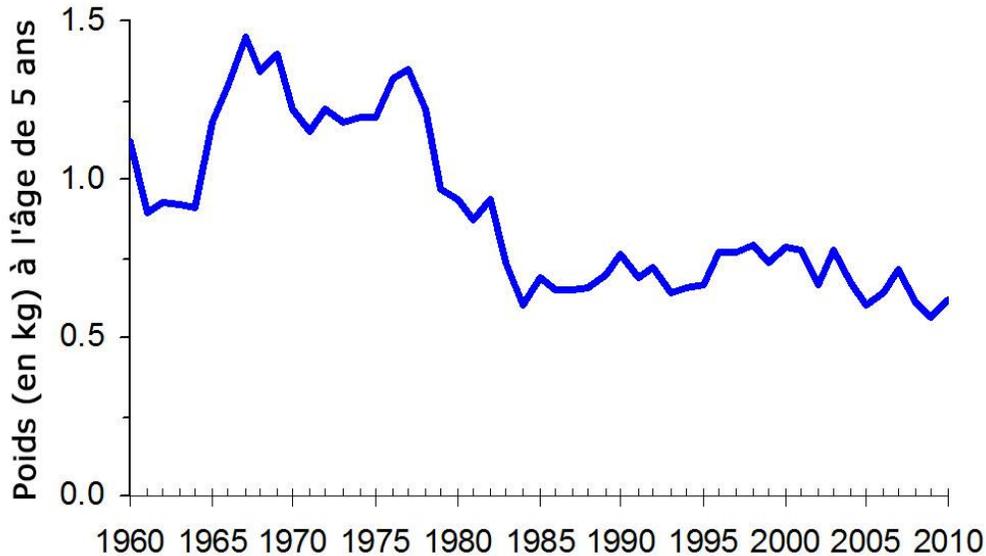


Figure 11-3. Poids moyen d'une morue âgée de 5 ans dans le sud du golfe du Saint-Laurent en septembre.

Discussion

- L'inclusion d'une marche aléatoire en r et d'une erreur due au processus dans le modèle, ainsi que la question de savoir si l'utilisation d'un processus autocorrélé serait avantageux, ont fait l'objet d'un débat. Le présentateur préfère éviter une tendance dans l'erreur due au processus en utilisant un meilleur modèle.
- La présentation fait valoir que les points de référence ne devraient pas changer en cas de changement de nature productive.

PRÉSENTATION 12 : Étude de cas de l'aiglefin de l'est du banc de Georges

Auteur : Y. Wang

L'aiglefin du banc de Georges fait l'objet d'une pêche à des fins commerciales depuis le début des années 1920. Les débarquements maximaux record dans l'est du banc de Georges atteignaient près de 60 000 mt au début des années 1960. Avant le milieu des années 1990, l'est du banc de Georges avait fait l'objet d'une surpêche pendant des décennies. Le stock avait connu des déclinés à long terme de la biomasse reproductrice et du recrutement; certains considéraient qu'il s'était presque effondré au début des années 1990. L'amélioration du recrutement dans les années 1990 et la bonne classe d'âge de 2000, la baisse de l'exploitation et la diminution des captures de petits poissons par les pêcheurs ont permis à la biomasse de passer d'un quasi-creux historique de 10 300 mt en 1993 à 82 600 mt en 2003. L'augmentation spectaculaire de la biomasse après 2005 était due à la classe d'âge exceptionnelle de 2003. Selon les estimations préliminaires, la classe d'âge de 2010 est exceptionnelle, ce qui en ferait la cohorte la plus abondante des séries chronologiques des évaluations de 1931-1955 et 1969-2010 (CERT 2012). Deux questions seront abordées dans cette présentation. Premièrement, on doit savoir si la productivité s'est améliorée grâce au rétablissement de l'aiglefin de l'est du banc de Georges depuis le milieu des années 1990 par rapport au début des années 1930; deuxièmement, quelles sont ses implications dans les calculs des points de référence lorsque l'on intègre l'approche de précaution.

Les valeurs selon l'âge de la mortalité naturelle, du recrutement partiel à la pêche, du poids à la pêche, du poids de la biomasse reproductrice, de la maturité, de la biomasse du stock reproducteur et des

données de recrutement sont calculées à partir de l'évaluation de 2011. Ces valeurs sont utilisées pour comparer la productivité sur la période allant de 1931 à 2011 et pour calculer les points de référence.

On ne constate aucun signe de changement de la mortalité naturelle, de la maturité et de la répartition spatiale. La relation entre la longueur selon l'âge et la force de la classe d'âge a montré un effet lié à la densité sur la croissance des poissons; de plus, le calcul de K de Fulton indique un déclin de la condition du poisson après 2003. Au vu des règles de gestion visant à réduire les prises de jeunes poissons après 1994 et les changements de la taille des poissons survenus après 2003, l'âge pleinement recruté à la pêche est passé de 3 ans en 1969-1994 à 4 ans en 1995-2002 et à 5 ans en 2003-2010. Si l'on suppose que les récents changements de la taille selon l'âge sont un effet lié à la densité, ces effets sont alors passagers, ce qui signifie que le stock pourrait revenir aux conditions antérieures et qu'aucun changement de régime n'est envisagé; il sera plus approprié d'avoir une période plus longue sur laquelle faire la moyenne des poids moyens selon l'âge pour calculer les points de référence.

Bien que le rétablissement de cette population de poissons après le milieu des années 1990 ait été déterminé par quelques fortes classes d'âge, l'examen de la relation stock-recrutement indique que le recrutement est hautement variable et associé à des changements de biomasse depuis quelques années. On n'a constaté aucun signe de changement de productivité du recrutement en fonction d'un différent niveau de productivité à la même biomasse pour deux périodes différentes (figure 12-1). La comparaison de la production excédentaire ($B_{t+1} - B_t + C_t$) avec le début des années 1931 à 1955 illustre également l'absence de changements du régime de productivité avec le rétablissement de l'aiglefin de l'est du banc de Georges au cours des dernières années (figure 12-1).

Les modèles paramétriques de stock-recrutement de Beverton-Holt et de Ricker ont été ajustés au recrutement et à la BSR; les deux modèles sont mal adaptés aux données et les résidus affichent de fortes tendances dans les séries chronologiques. Ensuite, un lissage Lowess non paramétrique a été appliqué (figure 12-2). Le modèle de production de Sissenwine et Shepherd a été utilisé pour calculer le RMS et la B_{RMS} , ce qui a donné une B_{RMS} de 76 000 mt et un RMS de 20 000 mt. Si une valeur approximative de la B_{RMS} est utilisée, il s'agit de la biomasse qui correspond à la biomasse par recrue à $F_{0,1}$ multipliée par le nombre moyen de recrues. La B_{RMS} était respectivement de 86 000 mt et de 54 000 mt lorsque les trois fortes classes d'âge de 2000, 2003 et 2010 étaient incluses dans les calculs ou y étaient exclues.

Une exploration préliminaire a été effectuée pour la B_{LIM} à l'aide de la $B_{rétablissement}$ et de la biomasse reproductrice correspondant au point d'intersection de la valeur de recrutement au 50^e percentile et au 90^e percentile du rapport biomasse reproductrice-recrues (BSR50/90), déterminées par des méthodes empiriques de PRL (MPO 2002). En supposant que le régime de productivité ne change pas, la $B_{rétablissement}$ reflétait la dynamique de la biomasse du stock et sa résilience par rapport à une pression de la pêche différente. La BSR50/90, qui est très proche de cette valeur, a également fourni des renseignements sur la fiabilité de cette mesure. Des travaux et des examens plus poussés devront être menés à l'avenir pour pouvoir prendre une décision définitive au sujet de la B_{LIM} .

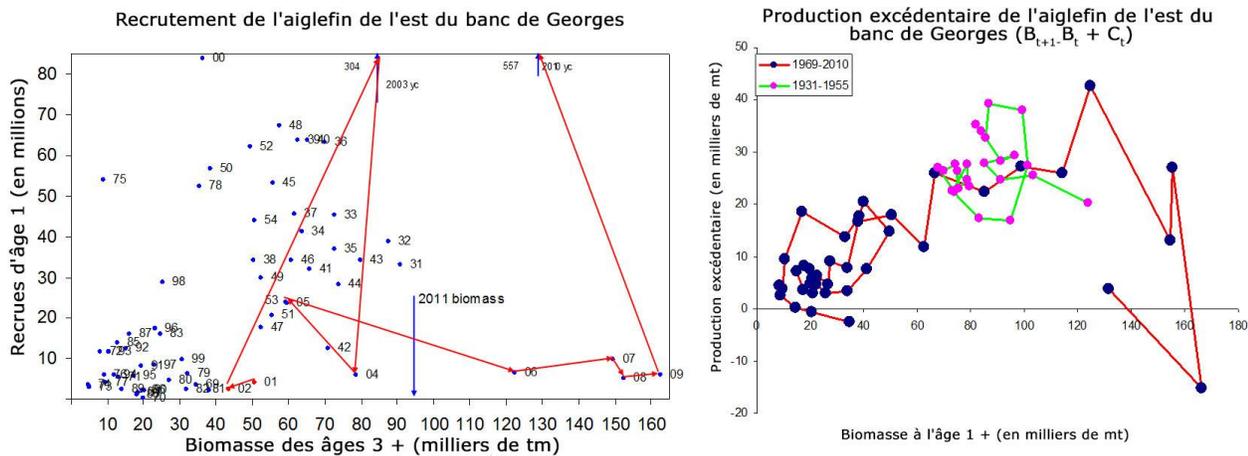


Figure 12-1. Graphiques en nuage de la BSR et du recrutement (à gauche) et de la production excédentaire par rapport à la BSR (à droite) de l'aiglefin de l'est du banc de Georges. Les flèches rouges (à gauche) indiquent le recrutement après l'an 2000.

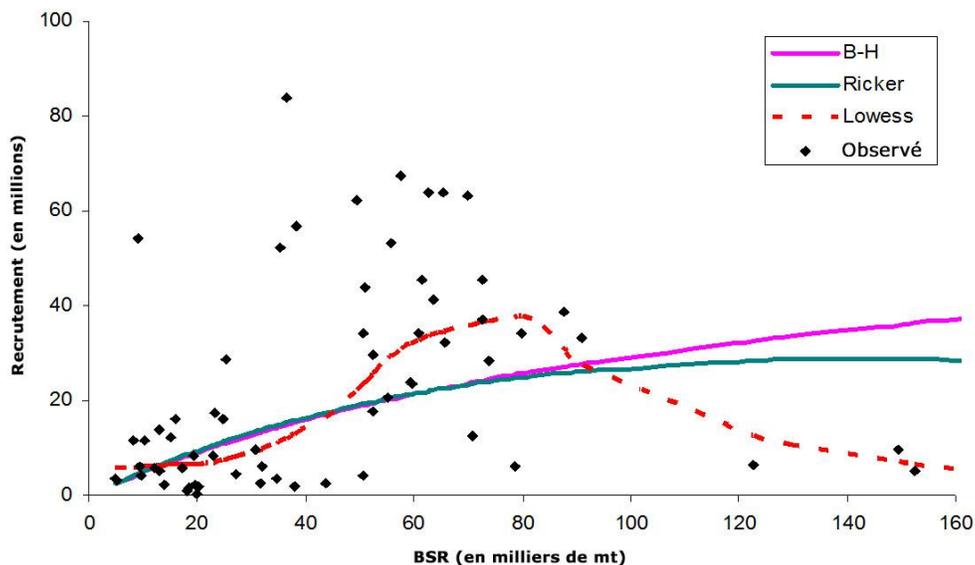


Figure 12-2. Courbes paramétriques du stock-recrutement de B-H. et de Ricker et courbes non paramétriques du stock-recrutement par lissage Lowess ajustées aux données sur le stock-recrutement de l'aiglefin de l'est du banc de Georges.

Discussion

- Les similarités entre les stocks d'aiglefin des deux côtés de l'Atlantique ont été notées.
- Ceci est un exemple d'un point de discussion antérieur : un régime de productivité qui comporte quelques années anormales de productivité élevée. Comme les changements sont une fonction de la biomasse du stock, on peut faire valoir que les points de référence de la biomasse ne devraient pas être modifiés.
- Il convient de ne pas adapter les points de référence aux fortes années de recrutement occasionnelles.

PRÉSENTATION 13 : Corrélation entre la productivité du stock de thon blanc du Pacifique Nord et l'oscillation décennale du Pacifique

Auteurs : Z. Zhang et John Holmes

Le thon blanc (*Thunnus alalunga*) est une espèce de grands migrateurs que l'on trouve dans les océans tempérés et tropicaux du monde. Le stock de thon blanc du Pacifique Nord est pêché à la palangre, à la ligne, à la traîne, à la senne coulissante et au filet maillant par le Canada, le Japon, les États-Unis, la Chine, Taipei, la Corée et le Mexique. Une évaluation du stock a été effectuée en 2011 à l'aide de la plateforme de modélisation de la synthèse du stock, mais les facteurs océanographiques n'ont pas été pris en compte. Nous utilisons ici un modèle de production excédentaire logistique comme outil exploratoire afin de déterminer les variables océanographiques qui pourraient influencer sur la dynamique des stocks de thon blanc. Les données utilisées dans le modèle comprennent les captures par unité d'effort de cinq pêches importantes (pêche à la traîne aux États-Unis et au Canada, pêche à la palangre aux États-Unis, pêche à la ligne au Japon, pêche à la palangre au Japon et pêche à la palangre en Chine et à Taipei) et le total combiné des prises sur la période de 1972 à 2009. Nous avons ajusté le modèle dans un cadre bayésien de type état-espace et modélisé les erreurs d'observation (mesure) et dues au processus à l'aide de la distribution de probabilité lognormale. Les distributions de probabilité a priori de tous les paramètres du modèle ont été établies de façon à être non révélatrices. Chacune des cinq pêches avait son propre coefficient de capturabilité, par lequel les captures par unité d'effort sont associées à l'abondance du stock; on suppose que ce coefficient ne varie pas avec le temps. Pour estimer la variabilité de la productivité du stock d'une année à l'autre, nous avons permis au taux de croissance intrinsèque de la population de varier, ce qui reflète les fluctuations annuelles présumées en matière de recrutement, de mortalité et de croissance, et nous avons modélisé l'erreur due au processus à l'aide d'une fonction de marche aléatoire. Comme la modélisation simultanée de l'erreur due au processus et de la fluctuation du taux de croissance pourrait avoir un effet cumulatif sur l'estimation de la variation de la biomasse, nous avons également exécuté un modèle dans lequel l'erreur due au processus était fixée à une faible valeur (0,00001). Nous avons examiné les corrélations entre le taux de croissance estimé sur les années 1973 à 2008 et cinq indices océanographiques, à savoir l'oscillation décennale du Pacifique (ODP), l'oscillation du tourbillon nord-pacifique (OTNP), l'indice multivarié de l'El Niño-oscillation australe (IME), l'indice du Pacifique Nord (IPN) et l'indice du Pacifique occidental (IPO). La corrélation ne semble être satisfaisante du point de vue qualitatif qu'avec l'indice ODP. Les deux démarches de modélisation (les erreurs dues au processus varient librement ou sont forcées d'être négligeables) ont produit des résultats similaires. La figure 13-1 (avec une erreur due au processus négligeable) affiche la corrélation du taux de croissance et de l'ODP avec un décalage de deux ans. La corrélation est significative ($p < 0,05$) pendant les mois d'hiver et de printemps (de décembre à avril), contrairement aux autres mois. Le décalage de deux ans correspond au fait que le thon blanc du Pacifique Nord est recruté par les grandes pêches de surface (à la traîne, à la ligne) lorsqu'il est juvénile, à deux ans, et la séquence d'hiver correspond à la principale période de frai et de recrutement des larves dans le stock de thon blanc du Pacifique Nord. Nous envisageons d'intégrer l'ODP dans le modèle d'évaluation comme méthode permettant d'améliorer l'ajustement du modèle aux données existantes.

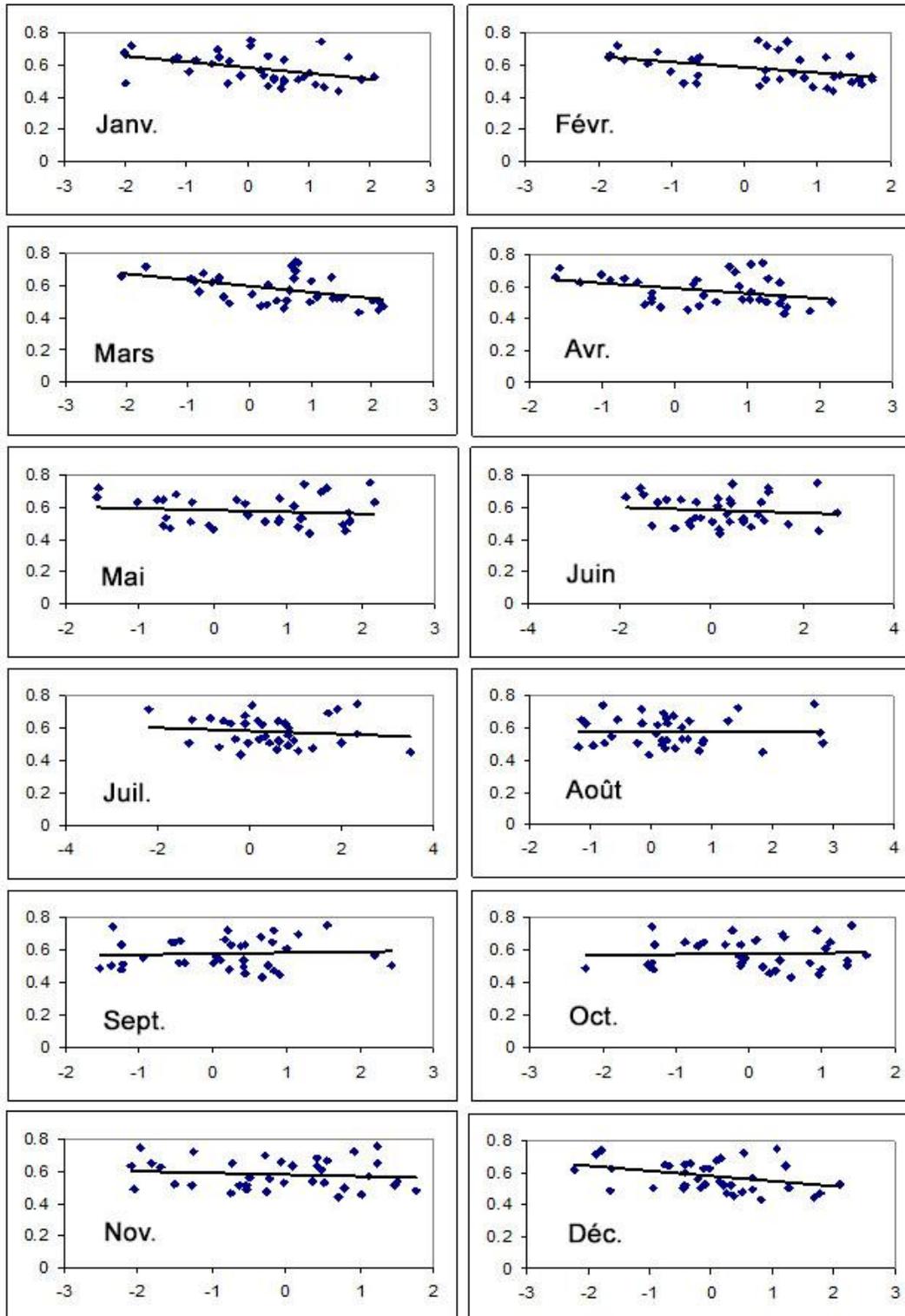


Figure 13-1. Corrélation entre les taux de croissance intrinsèques de la population estimés (r) sur les années 1973 à 2008 et l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) avec un décalage de deux ans.

Discussion

- On a fait remarquer qu'il s'agit d'un exemple de régime fluctuant, plutôt que d'un changement de régime.

PRÉSENTATION 14 : Points de référence biologiques moins élevés dans la Politique concernant le saumon sauvage et considérations sur la productivité variant avec le temps : étude de cas sur le saumon rouge du fleuve Fraser

Auteur : S. Grant

La productivité a connu un déclin systématique dans la plupart des stocks de saumon rouge du fleuve Fraser, indépendamment de l'abondance des reproducteurs (figure 14-1; Grant *et al.* 2010 et 2011; Peterman et Dorner 2011). Les deux exceptions notables sont la montaison tardive de la Shuswap, qui n'a affiché aucune tendance systématique en matière de productivité, et le saumon rouge de la rivière Harrison, dont la productivité a augmenté au cours des dernières années. Le saumon rouge de la rivière Harrison, en particulier, présente une structure d'âge et un cycle biologique uniques par rapport aux autres stocks de saumon rouge du fleuve Fraser. Le saumon rouge de la rivière Harrison migre vers l'océan peu après son émergence du gravier (alors que la plupart des autres saumons se développent dans les lacs pendant un ou deux ans avant de migrer vers l'océan) et remonte à l'âge de trois ou quatre ans (alors que les autres saumons rouges remontent à l'âge de quatre ou cinq ans) (Grant *et al.* 2010 et 2011). La productivité des deux dernières années d'éclosion a considérablement varié pour le saumon rouge du fleuve Fraser. Les productivités de l'année d'éclosion 2005 (année de remonte 2009 pour la plupart de ces saumons rouges) étaient parmi les plus basses enregistrées pour la plupart des stocks de saumon rouge du Fraser, y compris le saumon rouge de la rivière Harrison (figure 14-1). En comparaison, les productivités de l'année d'éclosion 2006 (année de remonte 2010 pour la plupart de ces saumons) étaient moyennes pour la majeure partie des stocks (figure 1), y compris la rivière Harrison, à l'exception de la montaison tardive de la Shuswap et de celles des rivières Scotch et Seymour, qui ont affiché des productivités bien supérieures à la moyenne.

Il est difficile de comprendre les mécanismes qui influent sur la survie du saumon rouge du Fraser, étant donné sa vaste répartition en eau douce et en milieu marin tout au long de son cycle biologique (en général, deux ans en eau douce, suivis de deux ans en milieu marin). Pour la plupart des populations de saumon rouge du Fraser pour lesquelles on dispose de données sur l'abondance des juvéniles, qui peuvent servir à diviser la survie totale en composants de survie initiale en eau douce et de survie tardive en eau douce ou en milieu marin, les tendances récentes en matière de survie sont plus étroitement associées à la survie en milieu marin (et à la survie tardive en eau douce) qu'à la survie initiale en eau douce (Peterman et Dorner 2011). Dans un effort d'amélioration de la prévisibilité de la survie des saumons rouges du fleuve Fraser, les prévisions des montaisons du saumon rouge du Fraser ont intégré les variables environnementales, qu'elles soient quantitatives dans les modèles prévisionnels (Grant *et al.* 2010) ou qualitatives dans les conseils de prévision (MPO 2009). Les données déclarées chaque année dans les rapports sur l'état de l'océan Pacifique publiés par le Secrétariat canadien de consultation scientifique (p. ex., Crawford et Irvine 2011), en particulier, ont été utilisées dans le processus de prévision. Toutefois, à ce jour, l'intégration des variables environnementales n'a pas permis de diminuer de façon importante l'incertitude des prévisions (c'est-à-dire que l'intégration n'a pas permis de bien expliquer les taux de survie annuels du saumon rouge du fleuve Fraser).

La Politique concernant le saumon sauvage (PSS) du MPO (2005) exige que la situation biologique (rouge, orange ou verte, représentant un continuum qui va d'un mauvais état à un état sain) soit déterminée pour chaque unité de conservation du saumon du Pacifique (une unité de conservation équivaut environ à un stock de saumon rouge du Fraser). À la lumière des déclins systématiques de la

productivité du saumon rouge du Fraser (ou des augmentations dans le cas du saumon de la rivière Harrison), les évaluations de la situation biologique des unités de conservation du saumon rouge du fleuve Fraser ont été comparées en alliant des modèles de productivité stationnaire standard (qui supposent une productivité du stock moyenne sur la série chronologique) et des modèles de productivité variant avec le temps (qui supposent une productivité récente) afin d'estimer les points de référence biologiques (Grant *et al.* 2011). Les points de référence biologiques inférieurs et supérieurs recommandés par la PSS concernant les mesures de l'abondance comprennent, respectivement, $S_{gén}$ [abondance des reproducteurs qui entraînerait un rétablissement au rendement maximal soutenu (S_{RMS}) en une génération] et 80 % de la S_{RMS} (Holt *et al.* 2009), en utilisant le modèle standard de Ricker dans un cadre bayésien. Pour les unités de conservation du saumon rouge du Fraser qui ont affiché de récents déclinés de productivité, les formes du modèle de Ricker qui mettaient l'accent sur cette productivité récente (habituellement faible) dans l'estimation des points de référence ont généralement produit des points de référence inférieurs plus élevés (plus prudents sur le plan biologique) par rapport au modèle standard de Ricker (série chronologique complète) (Grant *et al.* 2011). On attribue ce résultat à la covariation négative entre le point de référence inférieur de la mesure de l'abondance selon la PSS ($S_{gén}$: rétablissement à la S_{RMS} en une génération dans des conditions d'équilibre) et la productivité intrinsèque du modèle de Ricker (paramètre « a ») (Holt et Bradford 2011). De récents résultats de simulation ont indiqué que, bien que les points de référence de la $S_{gén}$ augmentent au fur et à mesure que la productivité intrinsèque d'une population passe de modérée à faible, d'autres points de référence (p. ex., les points de référence qui sont un pourcentage de la S_{RMS}) ne connaissent pas de changement significatif (Holt et Bradford 2011). Par conséquent, au cours des périodes de productivité réduite, des points de référence inférieurs plus élevés (estimés à partir de formes du modèle de Ricker qui mettent l'accent sur une faible productivité récente) peuvent aider à protéger les unités de conservation de la disparition, selon la fréquence à laquelle les points de référence sont réestimés et la façon dont ces résultats sont appliqués à la gestion de l'exploitation.

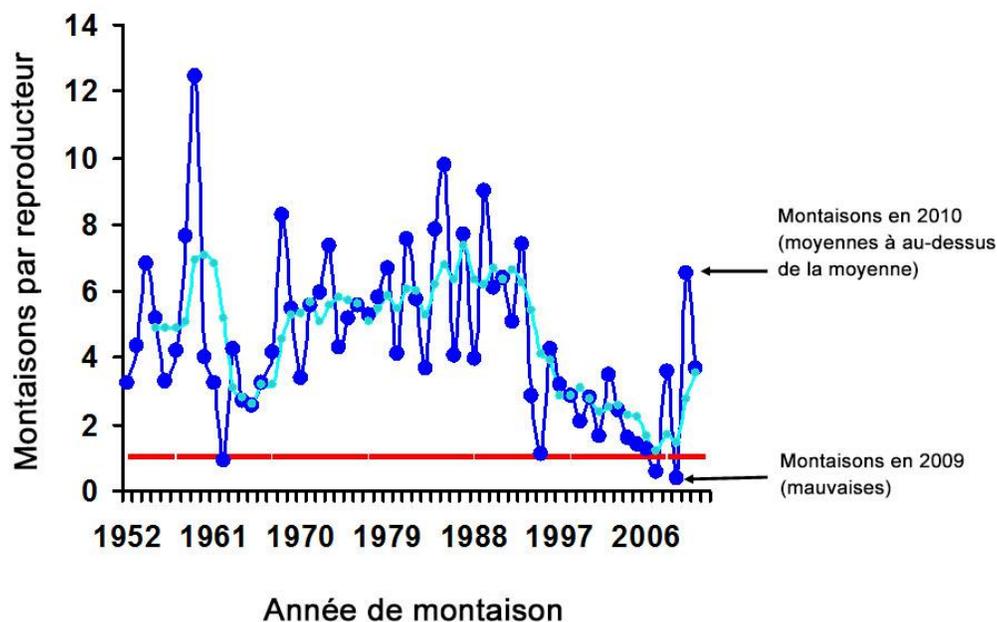


Figure 14-1. La ligne bleu foncé représente la productivité totale (montaisons/reproducteur) des montaisons de saumon rouge du fleuve Fraser de 1952 à 2011; la ligne bleu clair est une moyenne mobile sur quatre ans (données de M. Lapointe, Commission du saumon du Pacifique). Cette tendance est dominée par les stocks de montaison d'été, qui contribuent le plus à l'abondance totale des remontes au cours d'une année donnée. On a constaté une variabilité considérable d'un stock à l'autre en ce qui concerne cette tendance (Grant *et al.* 2011). La ligne pointillée (rouge) représente le remplacement (une montaison par reproducteur). Nota : les données sur les montaisons de 2009 à 2011 sont préliminaires.

Discussion

- Points de clarification seulement.

PRÉSENTATION 15 : Influences environnementales sur la productivité du crabe des neiges

Auteur : B. Sainte-Marie

Aucun résumé fourni.

Discussion

- La limite de taille de 95 mm est une bonne protection pour le stock; cependant, si les points de référence sont fondés sur la biomasse des grands mâles, cela pourrait poser problème. Si la population passe à des mâles qui sont tous grands, mais peu nombreux, la limite de taille serait difficile à gérer.

PRÉSENTATION 16 : Différence de productivité des pétoncles en fonction du site et implications pour l'établissement des points de référence

Auteur : S. Smith

La répartition spatiale des espèces telles que les pétoncles est souvent déterminée par le type d'habitat; la connaissance du type d'habitat peut non seulement mener à des relevés plus exacts et plus précis, mais également fournir un aperçu des aspects spatiaux de la dynamique de la population de l'espèce et de l'incidence spatiale de la pêche. La zone de pêche du pétoncle 29, située au large de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, est une zone pour laquelle des relevés annuels des pétoncles sont disponibles depuis le début de leur pêche en 2001. La zone a été cartographiée à l'aide d'échosondeurs multifaisceaux, les caractéristiques géophysiques ont été déterminées et la pêche a fait l'objet d'une surveillance au moyen de journaux de bord et de système de surveillance par satellite (SSN). En outre, on a réalisé plusieurs relevés photographiques dans le cadre desquels le type de fonds a été décrit et les espèces figurant sur les photographies ont été recensées. La modélisation de la répartition de l'espèce en fonction des données provenant des échosondeurs multifaisceaux et des relevés photographiques a caractérisé la qualité de l'habitat pour les pétoncles. Les mesures de la pression de la pêche provenant des données des SSN correspondaient aux tendances en matière de qualité de l'habitat associées aux pressions élevées survenant dans les habitats plus convenables. Les données provenant des relevés des pétoncles correspondaient également aux tendances en matière de qualité de l'habitat associées aux densités plus élevées survenant dans l'habitat plus convenable. La combinaison de ces données a indiqué que les zones plus convenables à l'habitat étaient plus productives et avaient tendance à être pêchées en premier jusqu'à ce que les densités atteignent un niveau similaire à celui des autres types de qualité de l'habitat. Autrement dit, les zones de productivité plus élevée seront généralement victimes de la surpêche si la gestion ignore la relation entre l'habitat et la productivité. L'incidence de ce type de dynamique spatiale sur l'établissement des points de référence a été présentée.

Discussion

- Un exemple dans lequel la variabilité spatiale de la productivité est importante.
- Les participants ont cherché à savoir s'il s'agissait d'un problème théorique ou d'un problème de mise en œuvre des règles de gestion. Il est géré par zone, mais la récolte se produit dans une grande région qui comprend plusieurs types d'habitats. Les habitats les plus productifs de cette zone de gestion connaissent une pêche intensive en premier, qui les fait descendre au-dessous

de leur RMS. L'effort de pêche est réparti sur une plus grande superficie lorsque les zones productives sont victimes de la surpêche.

- Une approche de précaution pourrait consister à attribuer un quota inférieur à celui que la productivité laisse entendre.
- Il existe des RMS propres à des sous-zones particulières, où la productivité est plus élevée. Ces zones connaissent une pêche plus intensive et sont donc plus vulnérables à la surexploitation par rapport à leur RMS.
- Le défi consiste à établir le TAC de façon optimale pour chaque sous-zone.

PRÉSENTATION 17 : Évaluation des phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest pendant une période de fécondité variable

Auteur : G. Stenson

Les tendances démographiques et l'état reproducteur du phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest, *Pagophilus groenlandicus*, sont surveillés depuis les années 1950. L'abondance totale est estimée à l'aide d'un modèle de population qui intègre des données sur les taux de grossesse selon l'âge depuis 1952, le total des prélèvements d'origine humaine (c'est-à-dire les prises déclarées au Canada et au Groenland, les prises accessoires de la pêche à la lompe et les estimations du nombre de phoques abattus, mais non débarqués) et des estimations périodiques de la production de petits. Récemment, un paramètre a été intégré pour tenir compte des changements de mortalité liés à la densité chez les jeunes phoques de l'année.

L'intégration de la dépendance à la densité dans le modèle de population nécessite que nous supposions un niveau quelconque pour la capacité de charge (« K »). À l'heure actuelle, il est impossible d'estimer la capacité de charge de la plupart des espèces. En l'absence d'estimations de K , des estimations de l'abondance pré-exploitation ont été utilisées pour donner une indication de la capacité de charge actuelle possible. Les phoques du Groenland sont exploités à des fins commerciales depuis le début des années 1700, mais les prises ne se sont intensifiées qu'au début du XIX^e siècle. Des données provenant de relevés des prises antérieurs et actuels ont été intégrées à un modèle de production excédentaire afin de reconstruire la dynamique de cette population telle qu'elle était à la fin du XVIII^e siècle. La population initiale était estimée à 11 millions d'animaux (ET = 2 000 000). Cette estimation de la population sert de valeur approximative de la charge de capacité actuelle, en supposant que les conditions environnementales au XVIII^e siècle étaient semblables aux conditions actuelles.

En utilisant dix estimations de la production des petits entre 1950 et 2004, ainsi que des estimations lissées (« indexées ») des taux de reproduction selon l'âge, le modèle a prévu une population de petits en 2008 bien inférieure à celle qui a été observée. Cependant, l'examen des taux de reproduction a indiqué que, même si le modèle avait saisi le déclin général des taux de reproduction au fur et à mesure de la croissance de la population, une grande variation existait également d'une année à l'autre, les taux de fécondité (c'est-à-dire la proportion des animaux sexuellement matures qui sont gravides) étant inférieurs à 40 % en 2004, mais > 70 % en 2008. Lorsque les estimations annuelles de la fécondité ont été incluses dans le modèle, l'ajustement de toutes les estimations de la production des petits était meilleur et les différences entre les années 2004 et 2008 rapprochées. Des études ultérieures ont montré que les taux de reproduction annuelle ont continué de chuter. Des échantillons prélevés jusqu'en 2011 indiquent que les taux de reproduction chez les adultes ont chuté pour s'établir à un niveau aussi bas que 0,22, ce qui est bien inférieur à l'estimation de 0,74 observée pour 2008, dernière année pour laquelle des données sont disponibles en vue de l'évaluation de 2010. À la suite de ces changements, notre perception des tendances démographiques a considérablement changé au cours des dernières années.

Une série de facteurs biologiques et environnementaux ont été examinés pour tenter d'expliquer la fluctuation des taux de fécondité. Le meilleur modèle ($r^2 = 0,845$) comprenait deux paramètres : la population totale, qui expliquait le déclin global, et les estimations annuelles de la proportion des taux d'avortement en dernier trimestre, qui expliquaient les fluctuations de la fécondité d'année en année. Bien que l'ajustement ne soit pas aussi bon ($r^2 = 0,631$), le taux d'avortement pourrait être expliqué par la quantité de première glace à la fin janvier et par l'abondance du capelon dans les relevés plurispécifiques au chalut de fond effectués l'automne précédent

Depuis 2003, les phoques du Groenland sont gérés en vertu de l'approche de précaution (appelée Stratégie de gestion du phoque de l'Atlantique). Étant donné que le volume des données disponibles pour la gestion des ressources varie d'une population à l'autre, la première étape du calcul des seuils de référence appropriés consiste à faire la distinction entre les populations dont nous comprenons raisonnablement bien l'abondance récente et la dynamique (considérées comme « bien documentées ») et les populations pour lesquelles cette compréhension nous manque (« peu documentées »). Des critères relatifs aux espèces bien documentées ont été définis pour les phoques : ils doivent disposer d'au moins trois estimations de l'abondance sur une période de 15 ans, la dernière estimation ayant été obtenue au cours des cinq dernières années, et de données actuelles (qui remontent à ≤ 5 ans) sur la fécondité ou la mortalité, voire les deux. Si ces données ne sont pas disponibles, l'espèce est considérée comme étant peu documentée. Le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest est l'un des mammifères marins les plus étudiés au Canada, voire le plus étudié, et est considéré comme étant bien documenté.

Si une population est considérée comme bien documentée, il est possible d'établir un seuil de précaution et un seuil critique de référence en fonction d'un modèle de population acceptable qui estime l'abondance totale. À l'échelle internationale, les seuils de référence des mammifères marins sont déterminés par rapport aux niveaux pré-exploitation ou à la capacité de charge. Cependant, pour le phoque de l'Atlantique, les seuils de référence sont établis sous forme de proportion de la taille maximale observée ou estimée de la population (N_{MAX}). La taille maximale de la population (estimée ou présumée) sert de valeur approximative pour la capacité de charge (K), car il est difficile d'estimer K , en particulier chez les espèces qui ont été très exploitées dans le passé et sont seulement maintenant en cours de rétablissement. Au fur et à mesure que la population se rétablit vers sa capacité de charge, N_{MAX} s'approche de K .

Pour le phoque de l'Atlantique comme le phoque du Groenland, le point de référence limite (PRL) est établi à 30 % de la population maximale. Le point de référence de précaution (PRP), ou seuil de référence supérieur du stock, devrait être établi de manière à s'assurer que la zone de prudence est suffisante pour garantir une probabilité élevée (95 %) que le PRL ne sera pas dépassé. D'après des études antérieures sur divers mammifères marins et des études de simulation ultérieures, le PRP a été établi à 70 % de N_{MAX} . L'incertitude des estimations de l'abondance due à la nature périodique des évaluations des mammifères marins est prise en compte en exigeant que, pour que la population se trouve dans la zone saine, la probabilité qu'elle soit supérieure au seuil de précaution de référence doit être de 80 %.

Les estimations de l'abondance fondées sur les modèles de population ont tendance à être fortement influencées par les données les plus récentes. Comme on l'a observé au cours des dernières années, les nouvelles données provenant des relevés ou relatives à la reproduction peuvent considérablement modifier notre perception de la population. En utilisant un niveau maximal qui varie légèrement en fonction des nouvelles données et en déterminant les seuils de précaution sous forme de proportion de ce maximum, ces changements en chiffres absolus ne modifient pas nécessairement notre compréhension de la santé de la population et des objectifs de gestion qui s'ensuivent.

Discussion

- Certains problèmes liés à l'utilisation de la fécondité ou de la mortalité comme paramètres ont été abordés, tout comme la façon dont la dépendance à la densité modifie ces paramètres.
- Tous les participants ont convenu que les estimations de la B_{RMS} sont incertaines. Il pourrait être préférable de gérer les ressources afin que la probabilité qu'elles descendent au-dessous du RMS soit faible – en tenant explicitement compte de l'incertitude des estimations de la taille du stock et de la B_{RMS} .

RAPPORTS DES GROUPES DE DISCUSSION

Les deux premières journées ont été consacrées aux présentations, suivies de discussions. Au cours de la troisième journée, trois groupes de discussion se sont réunis le matin et se sont penchés sur une question précise, puis sont revenus l'après-midi pour présenter un compte rendu de leurs délibérations. Les questions et les rapports des groupes de discussion forment la principale partie du rapport, du point de vue des nouvelles conclusions tirées conformément au cadre de référence établi pour la réunion.

Ces trois questions correspondant aux trois groupes de discussion étaient les suivantes :

1. Dans quelle situation les points de référence devraient-ils être modifiés par rapport à des changements de productivité présumés, et quelle orientation peut être offerte à ce sujet?
2. Quelles sont les options de points de référence en matière de RMS, en particulier pour les stocks du Canada?
3. Les erreurs dues au processus devraient-elles être prises en compte dans les points de référence stochastiques en matière de RMS; si oui, comment?

Dans quelle situation est-il approprié d'envisager la modification des points de référence de précaution par rapport à un changement de régime perçu

Introduction

L'abondance et la productivité du poisson de fond sur la côte est étaient élevées jusqu'au milieu des années 1980, puis ont chuté rapidement et ont atteint de faibles niveaux au milieu des années 1990. Parallèlement au déclin de la productivité et de la biomasse du poisson de fond, l'abondance et la productivité des invertébrés, tels que les crevettes nordiques, ont augmenté dans les eaux de la côte Est, y compris dans le golfe du Saint-Laurent et sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador. La surpêche a généralement été reconnue principale coupable de ce déclin du poisson de fond, qui a libéré les invertébrés de la prédation des poissons et a permis leur augmentation; cependant, même avec une large réduction de la mortalité par pêche, bon nombre de ces stocks de poisson de fond ne sont pas parvenus à se rétablir aux niveaux antérieurs, ce qui laisse entendre qu'un changement des conditions de productivité des stocks pourrait les avoir fait passer à un état différent.

Ces changements de productivité ont soulevé la question de savoir quels sont les échéanciers appropriés à utiliser pour établir les points de référence en vue du développement de l'approche de précaution pour ces stocks. L'industrie a soulevé les préoccupations suivantes : si les points de référence de la biomasse sont établis par rapport à des tailles de stock antérieures élevées, de nombreux stocks de poisson de fond chuteront très bas, dans la zone critique, alors que la faible productivité actuelle pourrait continuer pendant quelque temps. Ces points de référence peu élevés nécessiteraient l'établissement de faibles prises afin de permettre à une proportion plus importante de la production excédentaire de contribuer à la croissance du stock, alors que l'industrie fait valoir que les prises pourraient être réduites inutilement, car les tailles de stock antérieures pourraient ne pas être

obtenues dans les conditions actuelles. De plus, on craint que le fait de « placer la barre très bas », c'est-à-dire établir les points de référence en fonction des récentes conditions de faible productivité seulement, limiterait la possibilité de ne jamais revenir aux tailles de stock antérieures et pourrait même entraîner un déclin plus poussé.

Le texte suivant est le résumé des conclusions d'un groupe de discussion qui s'est penché sur la question « Dans quelles circonstances convient-il d'ajuster les points de référence en fonction des changements de productivité? » au cours de l'atelier ETES. L'article est orienté par les présentations effectuées au cours de l'atelier (voir les résumés ci-dessus). Il conclut que les points de référence de la biomasse ne doivent que rarement être ajustés à un nouveau régime de productivité en limitant les données à un échéancier donné, mais qu'il est approprié de le faire dans certaines conditions. Le rapport de ce groupe de discussion décrit dans les grandes lignes les conditions dans lesquelles les points ne pourraient ou ne devraient pas être modifiés afin de passer à un nouveau régime de productivité. En outre, il décrit quelques pratiques exemplaires qui aideront à décider s'il faut modifier les points en fonction du régime ou pas. Le rapport ne comprend pas de méthode de modification des points et n'indique pas non plus le degré de modification, car ces aspects devraient nécessairement être définis selon le stock par un groupe d'experts compétents en la matière.

L'orientation suivante se veut conforme à la politique du MPO sur l'approche de précaution (MPO 2009).

Au moment d'établir les points de référence, il faut s'efforcer de tenir compte de l'ensemble des facteurs qui peuvent influencer sur la productivité du stock, y compris les changements des conditions océaniques, lorsque l'information est disponible.

En général, les points de référence pour un stock devraient être basés sur une période de données aussi longue que possible. Pour plusieurs stocks, les données sur une longue période de temps démontreront des variations importantes dans la productivité. Ces variations doivent être prises en compte dans l'établissement des points de référence. [...] Ces situations doivent être étudiées individuellement. Toutefois, à titre de règle générale, les points de références ne devraient pas être basés uniquement sur l'information correspondant à une période de production basse à moins qu'il n'y ait aucune attente à retrouver des conditions de haute productivité qui seraient occasionnés naturellement ou par des mesures de gestion.

Définition des termes utilisés dans le présent texte

Production : effet total net des processus biologiques de la croissance somatique, du recrutement et de la mortalité d'un stock de poisson. Une production positive signifie que la biomasse du stock augmente, alors qu'une production négative signifie que la biomasse diminue.

Productivité : évaluation du niveau de production concerné par les aspects de la production elle-même. On la définit par rapport aux conditions qui mènent à des changements de niveau de production. Par convention, les conditions de productivité élevée sont définies comme des conditions dans lesquelles les stocks ont atteint une biomasse élevée dans leur série chronologique et ont appuyé des pêches relativement importantes.

Production excédentaire : taux de croissance d'un stock de poisson (qui comprend la croissance des individus ainsi que le recrutement) qui dépasse la croissance nécessaire pour compenser les pertes dues aux morts naturelles.

Changement de régime de productivité : modification des conditions environnementales qui ont mené à un changement dans la production d'un stock (ou dans plusieurs stocks et plusieurs espèces d'un écosystème). Un changement de production dû à la taille du stock seulement n'est pas un changement de régime. Une production faible expliquée par un phénomène dépensatoire pour des tailles de stock peu élevées ou par des processus liés à la densité pour des tailles de stock importantes lorsque le stock s'approche de la capacité de charge n'est pas considérée comme la conséquence d'une modification du régime de productivité. La distinction statistique entre un changement de régime et les variations aléatoires causées par les conditions environnementales pourrait exiger la collecte de nombreuses années de données.

Régime externe constant : constance relative de facteurs externes au stock (prédateurs, nourriture, environnement chimique et physique) qui influent sur la production d'un stock. Des fluctuations peuvent se produire d'une saison, d'une année et d'un lieu à l'autre au sein de cette période; cependant, ces facteurs n'affichent aucune tendance directionnelle appuyée. Un changement de régime serait dès lors un passage à un niveau différent pour ces facteurs externes, qui se sont maintenus pendant un certain temps et qui devraient durer à moyen ou à long terme.

Dans quelles circonstances un changement de régime doit-il être considéré comme une explication crédible d'une modification de la productivité du stock?

- En cas de passage à un nouvel ensemble de conditions environnementales qui influent sur la production du stock et qui durent relativement longtemps (on pourrait citer comme exemple une décennie ou une génération, selon la période la plus longue).
- Les changements à court terme (qui durent moins d'une décennie ou d'une génération) ne sont pas considérés comme des changements de régime.
- Dans un contexte de gestion par espèce, la démonstration d'un changement de régime dans la biomasse et la production de l'espèce concernée est suffisante; cependant, l'argument en faveur de la démonstration d'un changement de régime est bien plus crédible lorsque ce changement est accompagné de signes évidents de modification de la production de plusieurs espèces du système, en particulier à de multiples niveaux trophiques.
- Une diminution de la production du stock entraînée uniquement par une réduction de la biomasse du stock ne prouve pas l'existence d'un changement de régime. Une production de stock faible apparemment stable et durable peut être le résultat d'une biomasse peu élevée et de phénomènes tels que l'effet dépensatoire, l'effet d'Allee et les fosses aux prédateurs.
- Une augmentation observée de la production du stock, que l'on peut expliquer par des changements de l'état de la biomasse du stock et par des facteurs tels que la modification des comportements du stock, un changement dans les habitudes migratoires et un déplacement menant à une susceptibilité accrue à l'échantillonnage ou aux engins de pêche ne prouve pas qu'un changement de régime s'est produit.
- Le fardeau de la preuve devrait reposer sur la démonstration d'une justification selon laquelle un changement de régime s'est produit, au lieu de mettre l'accent sur le fait que les conditions sont restées constantes.

Dans quelles circonstances les points de référence de la biomasse devraient-ils changer en cas de changement de la productivité?

Les critères ci-dessous devraient tous être remplis avant d'envisager la modification des points de référence par rapport à des changements de productivité perçus :

- Il est approprié de calculer un nouveau point de référence pour un régime différent seulement lorsque les conditions précisées dans la sous-partie susmentionnée (« Dans quelles

circonstances un changement de régime doit-il être considéré comme une explication crédible... ») ont été réunies. Il est possible de déterminer au moins les principaux mécanismes écologiques intervenant dans le changement : l'ajustement des points de référence en raison d'un changement de régime est approprié seulement lorsque les mécanismes clés par l'intermédiaire desquels le changement de régime influe sur la production du stock ont été isolés et quantifiés. Pour cela, il faudrait normalement connaître l'étape du cycle biologique concernée et avoir une idée générale de la nature de la relation (directionnalité, linéarité ou non, décalages appropriés entre la cause et l'effet sur le stock). Tout changement des points de référence de la biomasse devrait être cohérent par rapport aux connaissances liées au mode d'influence des mécanismes sur la production du stock.

- On s'attend à ce que le nouveau régime se maintienne : les points de référence de la biomasse ne devraient être ajustés en fonction d'une période récente que si l'on s'attend à ce que le changement se poursuive sur une période pendant laquelle l'ajustement de la gestion par rapport au changement réduira les risques de surpêche ou d'épuisement du stock.
- Le changement de régime entraîne une modification de la capacité de charge (K) : les estimations des points de référence de la biomasse dépendent souvent en grande partie de l'estimation implicite ou explicite de la biomasse non exploitée à l'équilibre ou de la capacité de charge du système. Dans la plupart des cas, si la capacité de charge est restée identique, le changement des points de référence de la biomasse n'est appuyé par aucune justification en matière de dynamique de la population.
- Une gestion des stocks qui vise à les maintenir à des seuils de référence définis exigera une modification de la F . Lorsque les stocks sortent des seuils de référence définis, la gestion doit premièrement procéder à un ajustement en modifiant la F de façon plus dynamique. C'est seulement lorsqu'il semble que les stocks ne réagissent pas à ces changements dynamiques de la F que la possibilité d'un changement de régime devrait être envisagée et les points de référence potentiellement modifiés.

Circonstances dans lesquelles envisager la modification des points de référence de la mortalité par pêche

- Lorsque la productivité change en raison d'une modification de la capacité de charge (K) : comme un nombre inférieur de recrues sont produites avec une K moins élevée, les prises et la F devraient être plus basses.
- Lorsqu'une productivité en déclin mène à une réduction du taux de recrutement (R/BSR), une BSR plus élevée serait requise pour obtenir le même niveau de R ; par conséquent, les prises et la F doivent être réduites.
- Lorsque le régime changeant se reflète dans une mortalité naturelle accrue, M devient une proportion plus élevée de Z ($Z = F + M$) et les prises et la F doivent être réduites pour maintenir la biomasse dans les limites des points de référence de la biomasse.
- Lorsque le régime changeant se reflète dans une diminution de la fécondité due à des effets indépendants de la densité, la F doit diminuer, car un nombre plus élevé de reproducteurs sont nécessaires pour produire le même nombre d'œufs.
- Lorsque le régime changeant se reflète dans une diminution de la croissance due à des effets indépendants de la densité, la F doit être augmentée, car 1) le nombre d'individus qui doivent être prélevés pour obtenir le même poids de prises est plus élevé, 2) il faut qu'un stock contienne davantage d'individus pour une biomasse du stock reproducteur donnée, et 3) la fécondité sera également touchée, et il faudra un nombre plus élevé d'individus pour produire le même nombre d'œufs et de recrues.

Ajustement de la F et de la gestion en rapport avec la productivité au lieu d'ajuster les points de référence de la biomasse

Tous les écosystèmes connaissent des fluctuations aléatoires annuelles des signaux environnementaux, associés à divers degrés d'autocorrélation. À moins que l'autocorrélation ne soit relativement forte, la plupart de ces fluctuations ne peut être qualifiée de changement de régime; elles ont néanmoins un effet sur la production annuelle du stock, et même sur la production d'une cohorte tout au long de sa vie. L'ajustement de la mortalité par pêche en rapport avec un ensemble stationnaire de points de référence de la biomasse conformes à l'approche de précaution est un moyen recommandé de gérer ce type de productivité variable du stock.

Dans la plupart des cas, lorsque la productivité change, il est préférable d'ajuster le total des prélèvements, les taux d'exploitation, les tailles cibles ou les échéanciers afin d'obtenir des tailles de stock plus grandes, au lieu de modifier les points de référence.

Une bonne méthode de gestion du changement de la productivité s'inscrit dans un cadre d'évaluation de la stratégie de gestion (ÉSG), où des simulations sont effectuées sur la base d'hypothèses plausibles concernant le changement de régime. Il est alors possible de déterminer des stratégies de gestion qui peuvent s'adapter aux changements de productivité, ainsi que les coûts du rendement comparés à d'autres stratégies. Il est également possible d'examiner, à l'aide de l'ÉSG, les résultats probables d'une réaction à un changement de régime prétendu en ajustant les points de référence et en tenant compte des connaissances imparfaites au sujet du changement de productivité et de son mode d'influence sur la production du stock.

Répercussions de l'ajustement des points de référence par rapport à un changement de régime supposé

L'ajustement des points de référence par rapport à un changement de régime supposé entraîne d'importantes répercussions. Avant de se lancer dans un ajustement des points de référence en fonction de changements de régime, il convient de prendre ces répercussions en compte.

Si un stock est déjà en très mauvais état par rapport aux points de référence en vigueur et si l'on propose de baisser les points de référence de la biomasse en fonction d'un régime de productivité plus faible, l'ajustement augmente alors la possibilité que le stock reste en état de faible biomasse ou décline encore. Cela s'explique par le fait que les nouvelles estimations des points de référence sembleront donner au stock une apparence plus saine et que la nécessité d'allouer une plus grande proportion de la production excédentaire à la croissance plutôt qu'à la pêche sera moins pressante. Un stock géré ainsi a moins de chances de pouvoir profiter de bonnes conditions de productivité, le cas échéant, qui pourraient faire passer le stock à un état de biomasse plus élevé. En outre, les pêches sélectives selon la taille dans de petits stocks pourraient appliquer une puissante force sélective à l'âge précoce à la maturité et à la petite taille selon l'âge dans le stock.

Dans la pratique, l'ajustement des points de référence par rapport à un nouveau régime limiterait les analyses aux sous-ensembles de données les plus récents. Cependant, il ne s'agit pas toujours du meilleur choix. Il pourrait être préférable d'adopter différentes approches, qui doivent être évaluées au cas par cas. Au moins trois facteurs doivent être pris en compte : 1) l'amplitude relative du changement du régime de productivité – les changements plus importants imposent la prise en compte du sous-ensemble le plus récent seulement, 2) le volume des données disponibles concernant le nouveau régime de productivité et la question de savoir s'il est suffisant pour les méthodes appliquées, 3) la question de la gestion, à savoir le TAC de l'année suivante ou une cible de rétablissement à long terme – pour cette dernière, il faudrait tenir compte de l'étendue complète de la productivité du stock.

De surcroît, dans le cas d'une productivité réduite, la décennie de données la plus récente représentera probablement des périodes de grandes fluctuations dans le régime de gestion, visant à tenter d'équilibrer la diminution de la productivité et la surcapacité de l'industrie, ainsi que les enjeux

sociaux qui en résultent pendant ces périodes. Cette complication pourrait présenter un problème pour l'établissement correct des changements dans les conditions de productivité des stocks.

Pratiques recommandées ou exemplaires

Étant donné que les implications de l'ajustement des points de référence par rapport à des changements de régime supposés peuvent être importantes, certaines pratiques exemplaires devraient être observées :

- Documenter les preuves du changement de régime dans le système en général et dans l'espèce concernée en particulier et éliminer la possibilité que la production soit faible simplement en raison de la petite taille du stock.
- Documenter les preuves relatives aux mécanismes, c'est-à-dire la façon dont les facteurs externes au stock (prédateurs, proies, environnement chimique et physique) associés au changement de régime influent sur la productivité du stock. Ces preuves devraient être quantitatives (analyse numérique et statistique, telle que les corrélations) et qualitatives (description de l'enchaînement de causalité et des effets de confusion potentiels).
- Fournir des calculs des nouveaux points de référence par rapport aux anciens points de référence et souligner les implications des conseils de gestion pour chacun d'entre eux, y compris l'état du stock par rapport aux points et la durabilité apparente des prises actuelles. Il faut également envisager d'utiliser des méthodes de simulation.
- Démontrer que la durée d'un régime sera probablement assez longue par rapport à la durée du plan de gestion pour que l'ajustement des points de référence de la biomasse par rapport au changement de régime puisse recevoir une réponse pratique de la part de la gestion.
- Estimer l'incertitude des points de référence dans un scénario de changement de régime et la comparer à celle d'un scénario où le régime ne change pas. Évaluer l'incidence de cette incertitude sur les risques associés à chaque point et déterminer s'ils sont fondamentalement différents.
- Un ajustement des points de référence devrait être étayé par des démarches de simulation comparative, c'est-à-dire que la capacité d'un plan de gestion qui inclut des points de référence ajustés à atteindre les objectifs de gestion devrait être mise à l'essai.

Saumon du Pacifique : une autre façon d'aborder les points de référence dans diverses conditions de productivité

Pour désigner l'état biologique du saumon du Pacifique en vertu de la Politique concernant le saumon sauvage (Holt *et al.* 2009), plusieurs indicateurs (abondance, tendances de l'abondance, répartition et mortalité par pêche) sont utilisés et peuvent comprendre une ou plusieurs mesures. À chaque mesure correspondent des points de référence inférieurs et supérieurs qui représentent respectivement les zones d'état rouge (mauvais état), orange et verte (bon état) de la PSS. En ce qui concerne les mesures de l'abondance en particulier, qui ont l'application la plus directe aux points de référence, Holt *et al.* (2009) recommandent, pour établir les points de référence inférieurs et supérieurs, l'utilisation de la $S_{\text{gén}}$ et de 80 % de la S_{RMS} (voir les définitions ci-dessous). Ces valeurs sont estimées séparément pour chaque unité de conservation du saumon sauvage pour laquelle on dispose de données sur le stock-recrutement, généralement à l'aide des formes du modèle de Ricker (bien que, selon l'unité de conservation, d'autres formes de modèle puissent mieux convenir, telles que le modèle de Larkin ou de Beverton-Holt). Ces points de référence biologiques mentionnés dans la PSS servent explicitement à désigner l'état biologique et ne représentent donc qu'un point de départ pour l'établissement des points de référence relatifs à la pêche. D'autres étapes de gestion de la pêche sont requises pour établir des points de référence relatifs à la pêche, étapes qui intègrent également d'autres facteurs, tels que la tolérance au risque des parties intéressées, les implications des pêches de stock mélangé, etc.

Définitions

S_{RMS} : nombre de reproducteurs qui produirait le rendement maximal soutenu.

$S_{gén}$: nombre de reproducteurs qui entraînerait le rétablissement à la S_{RMS} en une génération en l'absence de pêche (Johnston *et al.* 2000; Holt *et al.* 2009)

Productivité variant avec le temps et points de référence biologiques recommandés par la PSS

Comme on l'a vu plus haut, la productivité d'un stock peut varier en raison de changements indépendants de la densité (changements intrinsèques de la productivité du stock dus à la modification des conditions biologiques ou environnementales) ou par des mécanismes liés à la densité (changements de productivité du stock dus à des fluctuations de l'abondance des reproducteurs et, par conséquent, effets sur la capacité de charge également dus à la modification des conditions biologiques ou environnementales). Pour le saumon, on utilise généralement des formes du modèle de Ricker pour modéliser la relation stock-recrutement. Dans ces modèles, le paramètre « a » de Ricker représente la productivité intrinsèque d'un stock (recrues par reproducteur) à une faible taille de stock en l'absence d'une dépendance à la densité et le paramètre « b » de Ricker représente la capacité de charge du système. Ces paramètres correspondent grossièrement aux paramètres r et K du modèle de production de Schaefer.

Dans une récente publication (Grant *et al.* 2011), la productivité intrinsèque variant avec le temps était incluse dans l'évaluation de l'incertitude de $S_{gén}$ et de 80 % de S_{RMS} pour les unités de conservation du saumon rouge du fleuve Fraser. La plupart de ces unités de conservation ont affiché des déclinés de productivité systématiques, qui ont commencé pour certains dès les années 1950. Par conséquent, plutôt que d'utiliser seulement une forme standard du modèle de Ricker pour estimer les points de référence de l'abondance selon la PSS, qui supposent une productivité intrinsèque moyenne des unités de conservation sur toute la série chronologique du stock-recrutement, des formes de modèle qui mettent l'accent sur la récente période de faible productivité ont également été évaluées. Pour les unités de conservation du saumon rouge du Fraser qui ont affiché de récents déclinés de productivité, les formes du modèle de Ricker qui mettaient l'accent sur cette productivité récente (habituellement faible) dans l'estimation des points de référence ont généralement produit des points de référence inférieurs plus élevés (plus prudents sur le plan biologique) par rapport au modèle standard de Ricker (série chronologique complète) [Grant *et al.* 2011]. On attribue ce résultat à la covariation négative entre le point de référence inférieur de la mesure de l'abondance selon la PSS ($S_{gén}$: rétablissement à la S_{RMS} en une génération dans des conditions d'équilibre) et la productivité intrinsèque du modèle de Ricker (paramètre « a ») (Holt et Bradford 2011). De récents résultats de simulation ont indiqué que, bien que les points de référence de la $S_{gén}$ augmentent au fur et à mesure que la productivité intrinsèque d'une population passe de modérée à faible, d'autres points de référence (p. ex., les points de référence qui sont un pourcentage de la S_{RMS}) ne connaissent pas de changement significatif (Holt et Bradford 2011). Par conséquent, au cours des périodes de productivité réduite, des points de référence inférieurs plus élevés (estimés à partir de formes du modèle de Ricker qui mettent l'accent sur une faible productivité récente) peuvent aider à protéger les unités de conservation de la disparition, selon la fréquence à laquelle les points de référence sont réestimés et la façon dont ces résultats sont appliqués à la gestion de l'exploitation.

Autres considérations

Petites populations et risque d'extinction

Selon la politique du MPO en matière d'AP, les points de référence par défaut sont proportionnels entre eux, le point de référence limite inférieur correspondant à 0,4 B_{RMS} . Si les conditions de productivité déclinent et entraînent une baisse de la B_{RMS} , le point de référence limite inférieur suivrait cette tendance de façon proportionnelle. Par conséquent, dans les conditions de faible productivité, le point

de référence peut sembler moins prudent, parce qu'il est plus proche de 0 que la B_{RMS} de 0,4 précédente. Cela pourrait être approprié dans le cas des grands stocks marins pour lesquels la disparition n'est pas particulièrement préoccupante; cependant, pour les stocks dont la population est naturellement petite et isolée, cela peut être plus inquiétant, et des analyses de la viabilité des populations ou d'autres méthodes similaires devraient accompagner toute baisse du point de référence limite de la biomasse.

Changements de productivité inhérents à un stock

L'un des facteurs inhérents à un stock est la capacité productive d'un stock, génétiquement déterminée à partir de l'ensemble des individus. Les pressions exercées par la sélection pourraient faire passer ce facteur d'un niveau de productivité à un autre, favorisant une série de caractéristiques par rapport à une autre. Par exemple, on pourrait choisir des taux de croissance lents pour une pêche si les stocks présentent un élément héréditaire fort qui entraîne une capacité de production moins élevée (à savoir K) et des changements dans l'établissement des points de référence du stock. De tels changements sembleraient n'être réversibles qu'à l'échelle de temps de l'évolution. Dans les cas où ce genre de changement est étayé par des preuves valables, on peut envisager d'ajuster les points de référence en fonction des critères décrits plus haut, en tenant compte de la particularité de la situation.

Études de cas potentielles en vue de travaux ultérieurs

Les études de cas efficaces pour examiner les raisons pour lesquelles les points de référence pourraient changer et comment ils peuvent l'être pourraient comprendre certains stocks de morue dans l'est du Canada, les stocks de crevette dans l'est du Canada et les stocks de poisson dans l'Arctique, où les changements climatiques ont déjà une incidence sur la productivité. Voici une brève description concernant l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) :

L'omble chevalier est une espèce de la région du pôle Nord qui est bien adaptée à l'environnement arctique. Si les changements climatiques entraînaient un changement de régime menant à des températures annuelles plus chaudes dans les régions du Nord et de l'Arctique, il en résulterait très probablement une productivité plus élevée dans les environnements arctiques. L'augmentation de la productivité serait probablement due à : 1) la prolongation de la saison des eaux libres; 2) une hausse de la productivité biotique dans l'environnement (accès à un éventail de proies plus important pour l'omble); et 3) l'élargissement potentiel de la gamme des espèces ciblées par l'omble. Par conséquent, l'omble chevalier pourrait se nourrir pendant plus longtemps (prolongation de la saison des eaux libres) et avoir accès à un éventail de proies plus important (productivité biotique plus élevée et nouvelles proies), ce qui pourrait théoriquement entraîner une augmentation de la taille globale de la population et donc de la taille du stock (biomasse) de l'omble chevalier. Cette situation comporte quelques suppositions : 1) la capacité de charge de l'omble chevalier est fondée sur les ressources alimentaires et non sur l'habitat d'hivernage; 2) la pression concurrentielle exercée sur l'omble chevalier resterait constante après le changement de régime (l'omble chevalier n'aurait aucun nouveau concurrent dont l'aire de répartition s'élargirait en raison de l'augmentation de la température [p. ex., omble de fontaine]); 3) la pression exercée par les prédateurs resterait constante malgré le changement de régime; et 4) la mortalité naturelle de l'omble chevalier resterait constante malgré le changement de régime. Dans ce cas, il pourrait être approprié d'envisager l'ajustement des points de référence afin de tenir compte du changement de productivité et de biomasse du stock.

Options de RMS pour les points de référence en matière d'AP

Les démarches d'estimation des points de référence en matière de RMS sont accompagnées ci-après d'une brève description des méthodes et des exigences en matière de données, en commençant par les cas les mieux documentés et en terminant par les cas les moins bien documentés. Il se peut que certaines options bien documentées soient, en règle générale, inappropriées pour de nombreux stocks

d'invertébrés, ce qui est dû en partie aux différences entre les aires de gestion et les unités biologiques (pour lesquelles le stock-recrutement ou la productivité devraient être calculés).

La méthode classique d'estimation des points de référence en matière de RMS comprend l'estimation d'une courbe du stock-recrutement. Si l'on dispose de suffisamment de données pour adopter cette démarche, elle doit être tentée. Cependant, une absence de contraste dans l'abondance des reproducteurs ou une variabilité écrasante des recrues peuvent masquer la relation sous-jacente. Dans de tels cas, il faut faire preuve de prudence et examiner le rapport entre les points de référence estimés et les données disponibles. S'il faut effectuer une extrapolation considérable pour déterminer les points de référence, il conviendrait d'envisager une autre démarche. À titre d'exemple, examinez le diagramme ci-dessous qui illustre la position du point de référence limite (PRL) et la B_{RMS} par rapport aux observations antérieures. Chaque graphe montre un degré de contraste varié dans les reproducteurs (plage sur l'abscisse) et un degré de chevauchement différent avec la B_{RMS} et le PRL. Le graphe supérieur gauche montre que les valeurs observées (ou les estimations du modèle) relatives aux reproducteurs chevauchent la B_{RMS} et le PRL; il s'agit d'une situation souhaitable. Les autres graphes montrent un chevauchement soit avec la B_{RMS} , soit avec le PRL, soit avec aucun des deux; ces situations ne sont pas souhaitables. Ce qui est problématique avec les trois autres cas, c'est que l'on est obligé d'extrapoler au-delà de la plage des données observées afin de calculer un point de référence. En raison de l'importance de ces points de référence pour les conseils de gestion, il faut être sûr que le comportement attendu au point extrapolé se produit effectivement. Le degré relatif auquel l'analyste se sentirait mal à l'aise avec les trois graphes qui comprennent une extrapolation est discutable. Les démarches générales suivies pour évaluer si un paramètre est bien déterminé doivent de toute évidence être suivies dans ce cas : il faut tenir compte des coefficients de variation des paramètres du stock-recrutement, peut-être établir le profil par rapport au taux de variation de la pente ou à R_0 afin d'évaluer le degré auquel une estimation est étayée sur un éventail raisonnable d'options et d'étudier la sensibilité des points de référence implicites par rapport aux paramètres du stock-recrutement. Ces analyses auxiliaires peuvent servir à fournir l'incertitude concernant les points de référence ou à démontrer que les points de référence sont trop incertains au vu des données disponibles; dans ce cas, d'autres démarches (analysées ci-après) pourraient être recommandées.

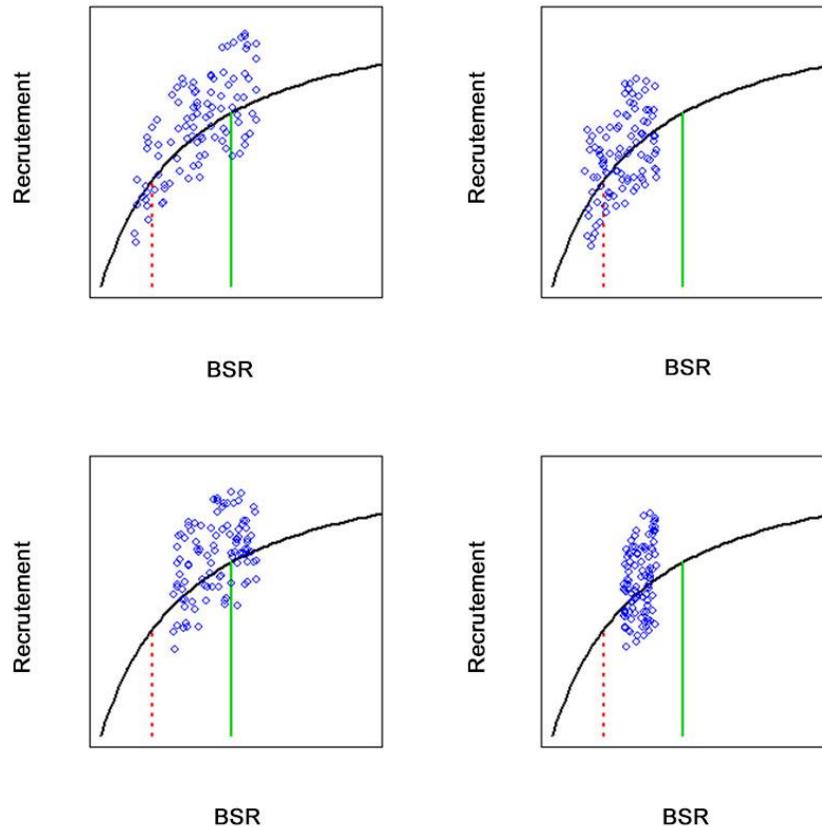


Figure du groupe de discussion 1 : Relation entre les données du stock-recrutement et les points de référence de la BSR. La ligne verte pleine représente la B_{RMS} et la ligne pointillée rouge = 40 % de la B_{RMS} (PRL par défaut au Canada). Voir le texte pour obtenir de plus amples renseignements.

Il est conseillé de tenir compte de l'incertitude des PR en matière de RMS calculée en fonction de l'incertitude dans la modélisation de la relation stock-recrutement. Cela comprend l'erreur d'estimation des paramètres du modèle de stock-recrutement et l'erreur de modèle. Cette dernière peut être plus importante lorsque le rendement est maximisé en fonction de valeurs de recrutement extrapolées. La présentation 3 (Simmonds) expose une démarche à plusieurs modèles, qui aborde partiellement le problème de l'incertitude du modèle.

S'il est impossible d'estimer la relation stock-recrutement et si des données propres à l'âge sont disponibles, on peut envisager de préciser des points de référence approximatifs fondés sur le calcul du rendement par recrue et du ratio du potentiel de reproduction. Le rendement par recrue et le potentiel de reproduction nécessitent une sélectivité, de même que M et le poids selon l'âge; le potentiel de reproduction nécessite également la maturité selon l'âge. En ce qui concerne les invertébrés, si les taux de croissance sont connus, il serait possible d'estimer le rendement par recrue ou le potentiel de reproduction uniquement en fonction des mesures de la longueur. La démarche de traduction du potentiel de reproduction et du rendement par recrue en points de référence en matière de RMS et de B_{RMS} correspond aux prévisions stochastiques à long terme à un niveau de recrutement moyen, c'est-à-dire que cela correspond à un modèle Hockey Stick du stock-recrutement. Une valeur approximative de la F_{RMS} qui correspond au modèle Hockey Stick du stock-recrutement est la F_{MAX} . Cependant, la F_{MAX} est généralement plus élevée que la F_{RMS} et peut donc être trop risquée; le risque serait particulièrement élevé pour les stocks qui sont déjà victimes de la surpêche. $F_{0,1}$ est moins risqué que la F_{MAX} ; il s'agit du taux de pêche qui atteint 10 % de la pente de la courbe du rendement par reproducteur à l'origine. La F_{MAX} et la $F_{0,1}$ mettent l'accent sur le rendement calculé à partir de la sélectivité donnée des recrues et de la F . À ce titre, la F_{MAX} et $F_{0,1}$ sont des points de référence de la

surpêche de croissance, car ils déterminent si le taux de pêche maximise le rendement ou non, étant donné la trajectoire de croissance d'une recrue.

Au lieu de mettre l'accent sur la courbe du rendement par recrue, on peut également examiner comment différents niveaux de la F réduisent la ponte totale potentielle d'une recrue tout au long de sa vie (potentiel de reproduction) par rapport à $F = 0$. Les valeurs de F correspondant au pourcentage du potentiel de reproduction peuvent être calculées, et le rendement par recrue comparé à ces valeurs. Les prévisions stochastiques à long terme qui mettent en œuvre F (% du potentiel de reproduction) donneraient le RMS et la B_{RMS} correspondants. En ce qui concerne le cycle biologique des poissons de fond, une série d'enquêtes menées par Clark (1991, 1993 et 2002) a permis de conclure que $F_{40\%}$ était proche de $F_{0,1}$, ce qui apporte durabilité et perte minimale de rendement au cycle biologique de divers poissons de fond de la côte Ouest des États-Unis. Cependant, on a noté que les espèces qui vivent longtemps et qui ont une capacité compensatoire moins élevée nécessiteraient un pourcentage de potentiel de reproduction plus élevé (50 % ou 60 %) pour éviter les risques.

Toutes les démarches d'estimation des points de référence analysées jusqu'à présent nécessitent des données propres à l'âge. Pour de nombreux stocks, on ne dispose pas de données propres à l'âge, ou de telles données sont jugées peu fiables. La modélisation de la production excédentaire (PE) ne nécessite aucune donnée chronologique, mais elle requiert une estimation des prises totales et un indice d'abondance. Les modèles de la PE peuvent directement estimer la B_{RMS} et la F_{RMS} . Cependant, leur manque de complexité (absence de structure selon l'âge) donne lieu à certaines critiques. Plus particulièrement, le décalage type associé au temps de maturation n'existe pas dans les modèles de la PE, de sorte que les prévisions visant à évaluer les mesures de gestion semblent être instantanément reflétées dans la population. Du point de vue de l'estimation, les modèles de la PE ont tendance à estimer les points de référence dans les limites des données. De plus, à moins que l'indice d'abondance soit contrasté, il peut être difficile de trouver une solution. Les modèles de la PE sont rarement convergents si l'indice affiche une trajectoire « à sens unique », c'est-à-dire si la tendance de l'indice ne va que dans un sens.

En ce qui concerne les évaluations peu documentées où même les modèles de la PE ne peuvent pas être ajustés, il existe plusieurs solutions de rechange simples. Une méthode d'indice (AIM; développée par Paul Rago) tente d'ajuster une relation entre un indice d'abondance et les prises, en supposant une croissance linéaire de la population. Le rapport entre les prises et l'indice produit un taux d'exploitation relatif; un point de référence durable est précisé à titre de taux relatif au point où le stock semble capable de se remplacer. La méthode AIM peut estimer une valeur approximative de la F_{RMS} , mais des données supplémentaires sont nécessaires pour calculer le RMS et la B_{RMS} . La méthode DCAC (Depletion Corrected Average Catch, développée par Alec MacCall) nécessite un débit d'entrée des prises et quelques suppositions concernant la mortalité naturelle et la réduction fractionnaire de la biomasse du début à la fin de la période. Grâce à ces données, le modèle DCAC fournit une estimation des prises susceptibles d'être durables. Les modèles AIM et DCAC (modèles exécutables et documentation) peuvent être téléchargés gratuitement sur le site Web NOAA Fisheries Toolbox : <http://nft.nefsc.noaa.gov/index.html>.

Lorsque les données sur les prises ne sont pas disponibles ou ne sont pas séparées à l'échelle de l'espèce, on utilise quelquefois des méthodes de lissage des relevés pour estimer les points de référence relatifs. Cette démarche nécessite la définition de la valeur approximative dans la même unité que celle de l'indice d'abondance. Par exemple, on pourrait préciser la médiane de la série chronologique, ou peut-être une moyenne sur une période d'années considérées comme étant stables. L'état du stock est alors déterminé en comparant la valeur la plus récente (ou la moyenne sur plusieurs années récentes) et la valeur approximative précisée.

La productivité peut présenter un aspect spatial. Dans de tels cas, il se peut que les points de référence doivent le refléter. En fait, une gestion strictement effectuée par rapport aux points de référence en matière de RMS peut être inappropriée ou insuffisante. Un exemple pertinent a été présenté au cours de l'atelier. Dans les stocks de pétoncle au large du sud de la Nouvelle-Écosse, les

variations spatiales de la taille ou de la densité du stock laissent entendre que la gestion ayant pour objectif un RMS « sur le stock entier » peut être inappropriée.

Si les points de référence en matière de RMS et les points de référence limite sont proches les uns des autres (c'est-à-dire qu'ils offrent une petite marge de manœuvre quant aux options de gestion), il faudrait envisager une ÉSG afin de mettre à l'essai ou de déterminer d'autres points de référence.

Dans la mesure du possible, les cadres de l'AP devraient être « évalués du point de vue de la stratégie de gestion ». La politique canadienne actuelle en matière d'AP indique qu'un exemple de B_{LIM} pourrait être la B_{RMS} à 40 %, même si l'efficacité du choix de ce niveau n'a pas encore fait l'objet d'un essai par simulation. Dans d'autres pays, on accorde une certaine priorité à l'établissement des limites à 25 à 50 % de la B_{RMS} (p. ex., la Nouvelle-Zélande, l'Australie, les États-Unis).

Si possible, les points de référence devraient être fondés sur une ÉSG du cadre d'AP. Les limites prescrites ne fonctionneront pas dans tous les cas.

Erreur due au processus et points de référence stochastiques en matière de RMS

Sur le plan conceptuel, le calcul des points de référence en matière de RMS comprend l'évaluation des prévisions de stock à long terme dans lesquelles la mortalité par pêche est variée afin de trouver le niveau (F_{RMS}) qui maximise le rendement à long terme. Le RMS est le rendement maximisé et la B_{RMS} correspond à la taille du stock à l'équilibre qui produit le RMS. Si la prévision est de nature déterministe, le calcul des PR en matière de RMS l'est également. Dans ce contexte, une théorie a été élaborée en ce qui concerne les calculs du RMS (Sissenwine et Shepherd 1987). Dans ces calculs traditionnels du RMS, on suppose que tous les processus de population sont constants; par exemple, les valeurs selon l'âge de la mortalité naturelle, de la maturité, du poids et de la sélectivité de la pêche dans la relation reproducteur par recrue sont maintenues constantes dans les prévisions de stock à long terme, à l'instar de la relation fonctionnelle recrue par reproducteur dans la BSR. L'erreur d'estimation dans ces processus de population contribue à l'incertitude et à un certain parti pris dans les PR en matière de RMS.

Dans un environnement stochastique à l'état d'équilibre (stationnaire), la récolte conforme à la règle déterministe du RMS s'est révélée être une stratégie sous-optimisée et peut mener à de forts déclin dans la ressource (p. ex., Bousquet *et al.* 2008). La F_{RMS} déterministe n'est pas optimale; en moyenne, on ne peut pas espérer récolter davantage que le RMS stochastique. Bousquet *et al.* (2008) ont montré, pour le modèle de production excédentaire de Schaefer, que le RMS stochastique, la B_{RMS} et la F_{RMS} étaient des résultats peu déterministes.

Nous avons constaté des signes de variation de la productivité dans la plupart des stocks dont nous avons connaissance. Nous proposons que, lorsque les conditions de productivité ont changé et devraient changer à l'avenir de façon à produire une répartition stochastique à l'état d'équilibre (c'est-à-dire stationnaire) pour la taille du stock, les PR en matière de RMS pourraient être fondés sur une mortalité par pêche qui maximise le rendement attendu à long terme en présence de telles variations de productivité. Il convient de noter qu'une répartition stochastique peut encore afficher des tendances temporelles à court terme, mais pas des tendances à long terme sur toute la période de la prévision. D'une façon générale, en ce qui concerne les PR en matière de RMS, étant donné que l'avenir sera incertain, comme ce que l'on a observé dans le passé, nous chercherons à obtenir un niveau de mortalité par pêche qui maximise le rendement à long terme. Nous proposons de faire de cette F_{RMS} stochastique une limite de F ; la répartition à l'équilibre qui en résulterait pour la B_{RMS} peut servir de fondement à la B_{LIM} et à des objectifs possibles.

Cependant, pour cela, il faut que la variabilité à l'avenir soit stable (c'est-à-dire une répartition stochastique stationnaire). Si la productivité future change de façon imprévisible, la démarche analysée dans le présent paragraphe n'est pas appropriée.

Recommandations de recherche

Recommandation de recherche 1 : tenir compte des erreurs dues au processus dans les calculs des PR en matière de RMS pour votre modèle.

Recommandation de recherche 2 : pour les modèles selon l'âge, examiner les modèles stochastiques des données disponibles sur les processus de population pertinents pour les calculs du RMS en mettant l'accent sur la prévision de la répartition des valeurs que l'on devrait rencontrer à l'avenir dans le calcul des PR. Examiner s'il est préférable de gérer les éléments de la variabilité plutôt que de gérer cette dernière dans l'ensemble.

Par exemple, Dowden *et al.* (2007) ont proposé un modèle de cohorte autocorrélée pour tenir compte des changements temporels de la proportion des poissons d'âge mature dans un stock. Ce modèle peut servir à prévoir la répartition des valeurs qui peuvent se présenter à l'avenir et être utilisées pour calculer les PR en matière de RMS. Une méthode similaire peut être appliquée aux poids prévus selon l'âge, potentiellement par l'intermédiaire des longueurs prévues selon l'âge. Les variations de série chronologique dans les relations stock-recrutement peuvent également servir à prévoir la variabilité.

Une partie des variations temporelles observées ne peuvent pas être modélisées à l'aide de simples méthodes de série chronologique. Nous constatons quelquefois des « états » de productivité très différents (p. ex., M) et les conditions semblent passer d'un état à l'autre. Il est possible de gérer cette situation à l'aide d'un mélange de modèles, dans lesquels il existe une probabilité constante au fil du temps que le stock se trouve dans un état donné (p. ex., Munch et Kottas 2009).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE L'ATELIER

Dans quelles circonstances les points de référence propres au régime sont-ils appropriés?

Il est approprié de changer les points de référence lorsque : i) l'on sait avec un niveau de certitude élevé que le changement de la productivité est dû à un changement de régime, c'est-à-dire lorsque l'on comprend les mécanismes qui relient le changement environnemental à la productivité du stock et lorsque l'on comprend les étapes du cycle biologique concernées par le changement de régime; ii) l'on est d'avis que le changement n'est pas réversible à court ou à moyen terme (p. ex., le changement devrait durer au moins une décennie ou une génération, selon la période la plus longue); et iii) la capacité de l'environnement à appuyer le stock a changé.

Du point de vue de la conservation, il est toujours plus prudent de gérer la ressource par rapport à un point de référence de la biomasse qui comprend des périodes productives, c'est-à-dire de ne pas baisser la valeur de référence parce que le régime est actuellement moins productif. Dans la plupart des cas de déclin de la productivité, les trois critères ci-dessus ne sont pas remplis; même lorsqu'ils le sont, il sera difficile de faire augmenter à nouveau la biomasse du stock reproducteur en cas de retour des conditions de productivité plus élevée. Les cas dans lesquels il est approprié de baisser les points de référence de la biomasse en raison d'un déclin de productivité sont probablement rares. On considère que les changements du taux de recrutement, de la mortalité naturelle, de la fécondité ou du taux de croissance ne sont pas des motifs appropriés pour changer les points de référence de la biomasse, même s'ils auront probablement une incidence sur les points de référence de la mortalité par pêche.

Les simulations par rétroaction qui examinent les hypothèses liées aux régimes de productivité et leurs implications pour les stocks et leur gestion sont fortement recommandées.

Options de RMS pour les points de référence en matière d'approche de précaution

La méthode classique d'estimation des points de référence en matière de RMS comprend l'estimation d'une courbe du stock-recrutement. Si les données pour ce faire sont disponibles, il faut le tenter; cependant, une absence de contraste dans l'abondance des reproducteurs ou une importante variabilité des recrues peuvent masquer la relation sous-jacente. Si une extrapolation considérable doit être effectuée pour déterminer les points de référence, il conviendrait d'envisager une autre démarche. Il est conseillé de tenir compte de l'incertitude des PR en matière de RMS calculée en fonction de l'incertitude dans la modélisation de la relation stock-recrutement. Cela comprend l'erreur d'estimation des paramètres du modèle de stock-recrutement et l'erreur de modèle. Cette dernière peut être plus importante lorsque le rendement est maximisé en fonction de valeurs de recrutement extrapolées.

S'il est impossible d'estimer la relation stock-recrutement et si des données propres à l'âge sont disponibles, on peut envisager de préciser des points de référence approximatifs fondés sur le calcul du rendement par recrue et du ratio du potentiel de reproduction. En ce qui concerne les invertébrés, si les taux de croissance sont connus, il serait possible d'estimer le rendement par recrue ou le potentiel de reproduction uniquement en fonction des mesures de la longueur. Les valeurs approximatives potentielles de la F_{RMS} sont la F_{MAX} , $F_{0,1}$ et $F_{40\%}$ pour les espèces de poisson de fond, bien que $F_{50\%}$ ou $F_{60\%}$ pourraient être plus appropriés pour les espèces qui vivent longtemps.

S'il n'existe pas de données propres à l'âge, on peut estimer les PR en matière de RMS à l'aide d'un modèle de la production excédentaire (PE), bien que de tels modèles soient généralement peu réalistes, car ils ne reflètent pas le décalage type de la réaction du stock associé au temps de maturation. Les modèles de PE sont souvent difficiles à estimer dans la pratique, parce que les données ne présentent pas un contraste suffisant. D'autres valeurs approximatives des stocks peu documentés comprennent des suppositions concernant le moment où le stock s'est rapproché de la B_{RMS} .

Il est important de prendre note que les points de référence proposés devraient être mis à l'essai conjointement avec les stratégies de gestion proposées qui comprennent lesdits points de référence afin de s'assurer que les objectifs de gestion sont atteints avec la probabilité souhaitée.

RÉFÉRENCES

- [CERT] Comité d'évaluation des ressources transfrontalières. 2012. Aiglefin de l'est du banc Georges. Rapport du CERT sur l'état des stocks 2012/03.
- Bousquet, N., Duchesne, T., and Rivest, L.-P. 2008. Redefining the maximum sustainable yield for the Schaefer population model including multiplicative environmental noise. *J. Theor. Biol.* 254: 65-75.
- Cadigan, N.G. 2010. Trends in Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO) Subdivision 3Ps Cod (*Gadus morhua*) stock size based on a separable total mortality model and the Fisheries and Oceans Canada Research Vessel survey index. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2010/015.
- Clark, W.G. 1991. Groundfish exploitation rates based on life history parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 734-750.
- Clark, W.G. 1993. The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. *In Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations*. Edited by G. Kruse, R.J. Marasco, C. Pautzke and T.J. Quinn. Alaska Sea Grant College Program Report 93-02. University of Alaska. p. 233-246.
- Clark, W.G. 2002. $F_{35\%}$ revisited ten years later. *N. Am. J. Fish. Manage.* 22: 251-257.

-
- Crawford, W.R., and Irvine, J.R. 2011. State of physical, biological, and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/054. x + 163 p.
- Dowden, J., Cadigan, N., Morgan, J., and Bratney, J. 2007. Improved estimation and forecasts of stock maturities using generalized linear mixed effects models. Presented to the Working Group on Methods of Fish Stock Assessments, Woods Hole, USA. Section 2.5, Report of the Working Group on Methods on Fish Stock Assessments. ICES CM 2007/RMC:04.
- Grant, S.C.H., MacDonald, B.L., Cone, T.E., Holt, C.A., Cass, A., Porszt, E.J., Hume, J.M.B., and Pon, L.B. 2011. Evaluation of Uncertainty in Fraser Sockeye (*Oncorhynchus nerka*) Wild Salmon Policy Status using Abundance and Trends in Abundance Metrics. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/087. viii + 183 p.
- Grant, S.C.H., Michielsens, C.G.J., Porszt, E.J., and Cass, A.J. 2010. Pre-season run size forecasts for Fraser Sockeye (*Oncorhynchus nerka*) in 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/042. vi + 127 p.
- Healey, B.P., Murphy, E.F., Bratney, J., Cadigan, N.G., Morgan, M.J., Maddock Parsons, D., Power, D., Rideout, R., Colbourne, E., and Mahé, J.-C. 2011. Assessing the status of the cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO Subdivision 3Ps in 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/076.
- Holt, C.A. 2009. Evaluation of benchmarks for Conservation Units in Canada's Wild Salmon Policy: technical documentation. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/059. xii + 50 p.
- Holt, C.A., and Bradford, M.J. 2011. Evaluating benchmarks of population status for Pacific salmon. N. Am. J. Fish. Manage. 31(2): 363-378.
- Holt, C.A., Cass, A., Holtby, B., and Riddell, B. 2009. Indicators of status and benchmarks for Conservation Units in Canada's Wild Salmon Policy. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/058. vii + 74 p.
- Kass, R.E., and Raferty, A.E. 1995. Bayes factors. J. Am. Stat. Assoc. 90: 773-795.
- Larkin, P.A. 1977. An epitaph for the concept of maximum sustainable yield. Trans. Am. Fish. Soc. 106: 1-11.
- McAllister, M.K., Pikitch, E.K., and Babcock, E.A. 2001. Using demographic methods to construct Bayesian priors for the intrinsic rate of increase in the Schaefer model and implications for stock rebuilding. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1871-1890.
- Mesnil, B., and Rochet, M.-J. 2010. A continuous hockey stick stock-recruit model for estimating MSY reference points. ICES J. Mar. Sci. 67: 1780-1784.
- Mohn, R.K., and Chouinard, G.A. 2007. Harvest control rules for stocks displaying dynamic production regimes. ICES J. Mar. Sci. 64: 693-697.
- Mohn, R.K., and Rowe, S. 2012. Recovery Potential Assessment for the Laurentian South Designatable Unit of Atlantic Cod (*Gadus morhua*): The Eastern Scotian Shelf Cod Stock (NAFO Div. 4VsW). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/138. viii + 71 p.
- Mohn, R.K., Trzcinski, M.K., Black, G.A.P., Armsworthy, S., Young, G.A., Comeau, P.A., and den Heyer, C.E. 2010. Assessment of the status of Division 4X5Y haddock in 2009. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc 2010/085.
- MPO. 2002. Atelier national sur les points de référence concernant les gadidés; 5-8 novembre 2002. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2002/033. v + 16 p.
- MPO. 2005. La politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage du Pacifique. Vancouver (C.-B.) : Pêches et Océans Canada. 49 p.

-
- MPO. 2009a. Prévisions d'avant-saison concernant l'importance de la montaison du saumon rouge et du saumon rose du Fraser en 2009. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/022.
- MPO. 2009b. Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/fish-ren-peche/sff-cpd/precaution-fra.htm>
- Munch, S.B., and Kottas, A. 2009. A Bayesian modeling approach for determining productivity regimes and their characteristics. *Ecological Applications* 19: 527-537.
- Peterman, R.M., et Dorner, B. 2011. Dynamique de la production du saumon rouge du fleuve Fraser. Commission Cohen, Rapp. tech. 10. 149 p. Vancouver (C.-B.) www.cohencommission.ca
- Punt, A.E., and Smith, A.D.M. 2001. The gospel of Maximum Sustainable Yield in fisheries management: birth, crucifixion and reincarnation. *In* Conservation of Exploited Species. Edited by J.D. Reynolds, G.M. Mace, K.R. Redford and J.R. Robinson. Cambridge University Press, Cambridge. p. 41-66.
- Sinclair, A.F., Swain, D.P., and Hanson, J.M. 2002. Disentangling the effects of size-selective mortality, density, and temperature on length-at-age. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: 372-382.
- Sissenwine, M.P., and Shepherd, J.G. 1987. An Alternative Perspective on Recruitment Overfishing and Biological Reference Points. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 913-918.
- STECF. 2011. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) – Impact Assessment of Baltic cod multi-annual plans (STECF 11-05), Annex 1. Edited by E.J. Simmonds. EUR 24899 EN. Luxembourg (Luxembourg) : Publications Office of the European Union.
- Swain, D.P. 2011. Life-history evolution and elevated natural mortality in a population of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Evolutionary Applications* 4: 18-29.
- Swain, D.P., and Sinclair, A.F. 2000. Pelagic fishes and the cod recruitment dilemma in the Northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1321-1325.
- Swain, D.P., Benoît, H.P., Hammill, M.O., McClelland, G., and Aubry, É. 2011a. Alternative hypotheses for causes of the elevated natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence: the weight of evidence. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2011/036. iv + 33 p.
- Swain, D.P., Sinclair, A.F., and Hanson, J.M. 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 1015-1022.

ANNEXE I : CADRE DE RÉFÉRENCE

Expertise technique en évaluation de stocks (ETES) : Points de référence en matière de rendement maximal soutenu (RMS) et approche de précaution en situation de variation de la productivité

Atelier National, région de la capitale nationale

Du 13 au 15 décembre, 2011

Montréal, Québec

Co-présidents : Noel Cadigan et Daniel Duplisea

Contexte

Pêches et Océans Canada (MPO) s'est engagé à adopter une approche de précaution dans le cadre de ses activités de gestion des pêches. Les fondements du cadre de l'approche de précaution ont été exposés dans leurs grandes lignes dans le Cadre pour la pêche durable publié par le MPO en avril 2009 et décrits dans le document intitulé *Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution* (voir <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/fish-ren-peche/sff-cpd/precaution-fra.htm>). Ce cadre reconnaît trois zones pour l'état des stocks : la zone saine, la zone de prudence et la zone critique. Ces trois zones sont établies selon un point de référence supérieur (PRS) et un point de référence limite (PRL). Le cadre établit également le taux d'exploitation de référence selon lequel les poissons peuvent être prélevés dans chaque zone d'état; ce niveau est ajusté selon l'état des stocks et des règles de décisions convenues.

Un PRL marque la limite entre une zone de prudence et une zone critique. Lorsque la taille d'un stock de poissons tombe en deçà de ce niveau, la probabilité est élevée que la productivité soit suffisamment altérée pour entraîner de graves dommages. Par conséquent, un PRL est lié au concept classique de surpêche du potentiel reproducteur et est déterminé par une pratique scientifique exemplaire. Cependant, la productivité d'un stock peut ne pas être uniquement liée à l'importance du stock pris en compte par les concepts PRL. Par exemple, la productivité de la plupart des stocks de morues dans l'est du Canada a diminué à la fin des années 1980, alors que ces stocks étaient passablement abondants à cette période. La plupart de ces stocks se sont effondrés dans les cinq à six années qui ont suivi ce changement. Une compréhension plus approfondie des changements survenus dans ces régimes de productivité serait très utile pour établir des objectifs de gestion, des PRL et des taux d'exploitation plausibles. Il s'agit là d'un élément clé du rapport *Pour un nouveau cadre scientifique écosystémique en faveur d'une gestion intégrée* du MPO. (voir <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/publications/ecosystem/index-fra.htm>).

Lors du Sommet mondial sur le développement durable (SMDD) qui a eu lieu en 2002, le Canada s'est engagé à assurer le maintien ou la restauration des stocks de poissons épuisés à des niveaux qui pourront produire un RMS. Les points de référence de RMS ont été adoptés par plusieurs organismes de pêches intergouvernementaux (par exemple, l'IWC, le CICTA, l'IATTC, le CIEM, l'OPANO) et par d'autres pays (notamment, les États-Unis et la Nouvelle-Zélande). Étant donné cette adoption répandue, il est important de considérer quels sont les points de référence de RMS pratiques pour les types de variations de productivité (par exemple, les régimes) des stocks canadiens. Il est également important de réfléchir, d'une part, sur la possibilité d'intégrer les points de référence de RMS au cadre d'approche de précaution, et d'autre part, sur la façon dont cette intégration pourrait être faite. Les intervenants ont critiqué certains aspects des applications standard de l'approche de précaution parce qu'elles n'abordaient pas les changements dans la productivité des stocks.

Le MPO a soumis une lettre d'intention pour devenir un partenaire associé au projet de dépassement du rendement maximal soutenu (RMS) proposé dans le cadre du Septième programme-cadre de l'Union européenne (UE FP7) : *Beyond Maximum Sustainable Yield (MSY) in fisheries: defining management targets and their consequences* (MYFISH). Ce projet fournira des définitions des variantes de RMS, des

évaluations des répercussions et de l'utilité de viser ces variantes, et un cadre opérationnel pour leur mise en œuvre.

Contexte de l'ETES

Le programme d'Expertise technique en évaluation de stocks (ETES) du MPO a été créé en 2008 dans le but d'aider à recréer la capacité d'évaluation des stocks de poissons et d'élaborer des méthodes techniques lors d'un événement commun en marge de la réunion d'avis scientifique même. Le programme d'ETES se compose de trois éléments connexes : 1) Comité des méthodes d'évaluation des stocks; 2) Atelier national annuel sur les méthodes d'évaluation des stocks; 3) Programme de formation technique à l'évaluation des stocks/amélioration. Le programme d'ETES relève d'un comité directeur composé d'un président (Noël Cadigan), d'un expert de chaque région en évaluation des stocks, d'un champion du Comité national des directeurs des Écosystèmes, des Océans et des Sciences (CNDEOS) et d'un gestionnaire des sciences.

Objectifs

L'ETES propose un atelier initial qui a pour but de détailler les problèmes qui se posent lorsqu'il s'agit de trouver les points de référence du RMS et de l'approche de précaution pour des stocks dont les régimes ou les conditions de productivité varient (c'est-à-dire qui sont non stationnaires). L'étude de la possibilité d'intégrer les points de référence du RMS et de l'approche de précaution de façon que les régimes de gestion ne provoquent pas l'effondrement des stocks ni ne renoncent sans raison valable à des rendements potentiels est un objectif secondaire. La tenue de cet atelier se justifie par le grand nombre de stocks qui sont régulièrement évalués par le MPO (par exemple, la morue du Nord) et pour lesquels les données évoquent des changements importants dans les processus de productivité.

L'atelier a pour but principal d'établir la portée de l'évaluation; de faire des recommandations de recherche et de trouver des solutions possibles. Il représente la première étape d'un processus à deux étapes. Une fois l'atelier initial donné, l'ETES se propose de créer un groupe de travail pour élaborer des stratégies et les mettre à l'essai afin de dégager des points de référence de RMS et de l'approche de précaution pour les stocks qui affichent une productivité non stationnaire. Cela pourrait être lié à une recherche de pratiques exemplaires afin d'évaluer des stratégies de gestion. Les résultats du travail de ce groupe seront revus dans un atelier subséquent.

Objectifs particuliers de l'atelier :

1. Fournir un aperçu des méthodes et des cadres liés à l'approche de précaution basés sur le concept de RMS dans le monde.
2. Passer en revue les documents de travail sur des études de cas où la productivité a varié avec le temps et quels aspects du cadre de l'approche de précaution ont été traités.
3. Passer en revue les documents de travail qui décrivent comment les conditions de productivité qui varient avec le temps (les régimes) devraient jouer un rôle dans le calcul du RMS et des autres points de référence de l'approche de précaution.
4. Décrire les situations où les points de référence propres à un régime sont appropriés et quels sont les risques de ne pas tenir compte des modifications subies par les régimes.
5. Contribuer à la proposition de projet MYFISH de l'Union européenne (décrite ci-dessus).
6. Le but final de ce groupe d'étude est de proposer des options de RMS pour les points de référence liés à l'approche de précaution. Cela pourrait comprendre l'élaboration d'un plan décisionnel pour guider le MPO lors de la mise en œuvre de l'approche de précaution visant les stocks pour lesquels la productivité varie. Ce plan de décision sera considéré lors de l'atelier initial. Lors d'un atelier subséquent, le plan de décision sera finalisé pour établir les points de référence liés à l'approche de précaution en fonction des études de cas particuliers.

Démarche proposée

Les participants à l'atelier passeront en revue les approches utilisées par d'autres organismes et chercheurs en ce qui concerne les PRL liés à l'approche de précaution et les points de référence du RMS dans les situations où la productivité des stocks varie. Des experts invités viendront décrire leurs expériences et leurs approches pour tenir compte des productivités qui varient dans le cadre du calcul des points de référence. L'atelier passera aussi en revue des études de cas choisis dans les propositions provenant des régions du MPO.

Publications prévues

Un compte rendu et, s'il sont appropriés, des documents de recherche seront produits afin de résumer les discussions et les conclusions de l'atelier en vue du calcul des points de référence du RMS et de l'approche de précaution pour les stocks canadiens qui ont été choisis en tant qu'études de cas où les régimes de productivité ont changé avec le temps.

Participation

Les membres du personnel du MPO affectés à l'évaluation des stocks, surtout ceux qui auront proposé des études de cas qui seront retenues pour l'atelier, les membres de l'ETES, des experts invités, ainsi que des chercheurs des universités locales figureront parmi les participants.

ANNEXE II : PARTICIPANTS

Nom de famille	Prénom	Région
Brooks	Liz	NOAA
Bundy	Alida	MAR
Cadigan	Noel	TNL
Cook	Adam	MAR
Davis	Ben	TNL
Desgagnés	Mathieu	QUÉ
Duplisea	Daniel	QUÉ
Grant	Sue	PAC
Harris	Les	C et A
Healey	Brian	TNL
Krohn	Martha	RCN
Lambert	Yvan	QUÉ
Martin	Zoya	C et A
Mohn	Robert	MAR
Rice	Jake	RCN
Rivest	Louis-Paul	Uni. Laval
Sainte-Marie	Bernard	QUÉ
Shelton	Peter	TNL
Simmonds	John	CCR - EC
Smith	Steve	MAR
Stansbury	Don	TNL
Stenson	Garry	TNL
Swain	Doug	GOLFE
Tallman	Ross	C et A
Thorleifsson	Erika	RCN
Trzcinski	Kurtis	MAR
Ulrich	Clara	AQUA DK
Wade	Elmer	GOLFE
Wang	Yanjun	MAR
Zhang	Zane	PAC

ANNEXE III : ORDRE DU JOUR

Atelier de l'ETES sur les points de référence en matière de RMS et l'approche de précaution en situation de variation de la productivité

Du 13 au 15 décembre 2012. Delta Centre-Ville, Montréal

Le mardi 13 décembre

Heure	Nom	Titre
9 h	Noel Cadigan et Daniel Duplisea	Introduction, cadre de référence, objectifs, table ronde, nomination des rapporteurs
9 h 30	Peter Shelton	Cadres de l'AP dans le monde et considérations sur la façon dont ils gèrent les changements de productivité
10 h 30	Pause-café	
10 h 45	Liz Brooks	Productivité variable et points de référence : distributions de probabilité a priori, valeurs approximatives et pragmatisme
12 h	Déjeuner	
13 h	John Simmonds	Le RMS dans deux stocks de cabillaud de la Baltique
14 h	Louis-Paul Rivest	Intégration de la variabilité environnementale aux modèles de production excédentaire
15 h	Pause-café	
15 h 15	Bob Mohn	Production, régimes et règles de contrôle des prises variant en fonction du temps
16 h 15	Clara Ulrich	Projet européen MYFISH
17 h	Fin	

Le mercredi 14 décembre

Heure	Nom	Titre
9 h	Jake Rice	Points de référence et changements de productivité
9 h 45	Noel Cadigan	Variabilité et autocorrélation des paramètres d'entrée des modèles et incidence sur les points de référence
10 h 30	Pause-café	
10 h 45	Brian Healey	Enjeux actuels concernant les points de référence en matière de RMS pour la morue dans 3Ps
11 h 15	Doug Swain	Ajustement des points de référence en cas de variation de la productivité - changement de régime ou effet d'Allee? Le cas de la morue dans 4T
11 h 45	Yanjun Wang	La productivité a-t-elle augmenté avec le rétablissement de l'aiglefin de l'est du banc de Georges?
12 h 15	Déjeuner	
13 h 15	Zane Zhang	Corrélation entre la productivité du stock de thon blanc du Pacifique Nord et l'oscillation décennale du Pacifique
13 h 45		
14 h 15	Sue Grant	Points de référence biologiques moins élevés dans la Politique concernant le saumon sauvage et considérations sur la productivité variant avec le temps : étude de cas sur le saumon rouge du fleuve Fraser
14 h 45	Pause-café	
15 h	Bernard Sainte-Marie	Influences environnementales sur la productivité du crabe des neiges
15 h 30	Steve Smith	Différence de productivité des pétoncles en fonction du site et implications pour l'établissement des points de référence
16 h	Garry Stenson	Changements de productivité chez le phoque du Groenland : s'approche-t-il de K ?
16 h 30	Noel et Daniel (animateurs)	Discussions ouvertes au sujet de la journée, résumé de quelques points principaux
17 h	Fin	

Le jeudi 15 décembre

Heure	Nom	Titre
9 h		Groupes thématiques
10 h 30	Pause-café	
10 h 45		Groupes thématiques
12 h	Déjeuner	
13 h		Rapports des groupes thématiques
14 h 45	Pause-café	
15 h		Rapports des groupes thématiques
17 h	Fin	

ANNEXE IV : ACRONYMES

Acronyme	Définition
AIM	Méthode d'indice
AP	Approche de précaution
APV	Analyse de population virtuelle
B	Biomasse
B_{CIBL}	Biomasse cible
B_F	Biomasse pour la mortalité par pêche F
BH	Beverton-Holt
B_{LIM}	Point de référence limite de la biomasse reproductrice
B_{MAX}	Biomasse maximale observée ou modélisée (K)
BPP	Biomasse des poissons pélagiques
$B_{rétablissement}$	Biomasse minimale observée à partir de laquelle un rétablissement s'est produit
B_{RMS}	Biomasse minimale requise pour éliminer le rendement maximal soutenu du stock
BSR	Biomasse du stock reproducteur
B_t	Biomasse au moment t
B_{t+1}	Biomasse au moment $t+1$
CCR	Conseil consultatif régional
CIEM	Conseil international pour l'exploration de la mer
CPUE	Prises par unité d'effort
C_t	Prises au moment t
CU	Unité de conservation
CV	Coefficient de variation
DCAC	Méthode DCAC (Depletion-Corrected Average Catch)
EBG	Est du banc Georges
ÉSG	Évaluation de la stratégie de gestion
F	Mortalité par pêche
F	Mortalité par pêche
$F_{EFFONDREMENT}$	Mortalité par pêche qui finira par faire descendre le stock au-dessous de la B_{LIM} (c'est-à-dire fera s'effondrer le stock)
F_{MAX}	Mortalité par pêche maximale acceptable
F_{RMS}	Mortalité par pêche qui produira un RMS lorsque le stock est à la B_{RMS}
HS	Hockey Stick
IME	Indice multivarié de l'El Niño-oscillation australe
IPN	Indice du Pacifique Nord
IPO	Indice du Pacifique occidental
K	Capacité de charge
M	Taux de mortalité naturelle
$M_{a,y}$	Rendement économique maximale à l'âge (a) et à l'année (y)
Modèle SURBA	SURvey Based Assessment technique (technique d'évaluation fondée sur les relevés)
N_{MAX}	Taille de la population maximale observée ou estimée
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration

Acronyme	Définition
NRR	Nombre de reproducteurs par recrue
ODP	Oscillation décennale du Pacifique
OTNP	Oscillation du tourbillon nord-pacifique
p	Paramètre de forme (p. 13)
PE	Production excédentaire
PR	Points de référence
PRB	Points de référence biologiques
PRL	Point de référence limite
PRP	Point de référence de précaution
PSS	Politique concernant le saumon sauvage
r	Paramètre de croissance, taux de croissance intrinsèque
RK	Ricker
RMS	Rendement maximal soutenu
RPR	Ratio du potentiel de reproduction
RR	Rendement par recrue
S^*	point d'inflexion (p. 24)
s_a	Sélectivité de la pêche selon l'âge
$S_{gén}$	Abondance des reproducteurs qui entraînerait le rétablissement jusqu'à un rendement maximal soutenu (S_{RMS}) en une génération
SR	Stock-recrutement
S_{RMS}	
SSN	Systèmes de surveillance des navires
TAC	Total autorisé des captures
Z	Taux de mortalité totale d'un stock
$Z_{a,y}$	Mortalité totale à l'âge (a) pour une année (y)
γ	Degré du paramètre de lissage
ε_t	Perturbation multiplicative aléatoire
ρ	Autocorrélation du premier ordre
ρ_0	Reproducteurs non exploités par unité (figure 2-1, p. 10)
σ^2	Variance