



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/052

Région de Terre-Neuve et du Labrador

**Évolution de la productivité du stock de morues du Nord (*Gadus morhua*) dans
les divisions 2J3KL de l'OPANO**

M. Joanne Morgan

Direction des sciences
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon des échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien 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, 2019
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Morgan, M.J. 2019. Évolution de la productivité du stock de morues du Nord (*Gadus morhua*) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/052. vi + 13 p.

Also available in English:

Morgan, M.J. 2019. *Changes in Productivity of Northern Cod (Gadus morhua) stock in NAFO Divisions 2J3KL. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/052. vi + 12 p.*

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	IV
INTRODUCTION	1
MÉTHODES	1
RÉSULTATS.....	3
DISCUSSION.....	4
RÉFÉRENCES CITÉES.....	5
FIGURES.....	6

RÉSUMÉ

Une période prolongée de faible productivité pourrait indiquer qu'une population ne pourrait pas retrouver des conditions de productivité qui lui permettraient de croître jusqu'aux niveaux historiques qui ont été utilisés pour établir un point de référence limite de la biomasse. La longueur selon l'âge, le poids selon l'âge, l'état de santé, le nombre de géniteurs par recrue, le nombre de recrues par géniteur, le taux de croissance potentiel de la population et la production excédentaire ont tous été examinés dans l'intention de trouver des éléments probants faisant état d'une période prolongée de faible productivité des morues dans les divisions 2J3KL. Toutes les mesures de la productivité ont affiché des variations au cours des séries chronologiques. De brèves périodes de productivité faible (et élevée) sont évidentes, notamment une période de faible productivité allant du milieu des années 1980 au milieu des années 1990, qui comprend quatre années consécutives affichant la productivité la plus faible au cours des séries chronologiques. Depuis le milieu des années 1990, on a enregistré des années de productivité élevée et des années de productivité faible. Dans l'ensemble, nous ne disposons pas d'éléments probants indiquant que la morue des divisions 2J3KL connaît une période prolongée de faible productivité laissant croire que les niveaux de biomasse historiques ne pourront être atteints dans l'avenir dans des conditions environnementales qui sont semblables à celles enregistrées par le passé.

INTRODUCTION

La productivité d'une population de poissons est la capacité de cette population de produire de la biomasse, et résulte d'augmentations dues à la croissance et à la reproduction, lesquelles sont contrebalancées par des déclin dus à la mortalité. La productivité d'une population de poissons détermine le taux de pêche qui peut être maintenu sans que l'on assiste à un déclin de la taille de la population. Les grandes composantes de la productivité sont le recrutement, le poids selon l'âge, la maturité selon l'âge et la mortalité. Ces composantes varient au fil du temps, et il en va de même pour la productivité globale de la population.

La variation de la productivité de la population peut avoir des répercussions sur la mortalité par pêche et sur les points de référence limites de la biomasse. Il est clair que la variation de la productivité influe sur le niveau de mortalité par pêche qu'une population peut soutenir (Morgan *et al.* 2014a, b). Les implications pour les points de référence limites de la biomasse sont moins claires. Une variation à court terme de la productivité n'a probablement pas de répercussions sur le B_{lim} , ou n'en a que très peu. Cependant, si une population connaît une période prolongée de faible productivité pouvant l'empêcher de revenir à des conditions moyennes, cela pourrait signifier qu'elle ne pourra pas atteindre les niveaux de biomasse élevée historiques dans le futur.

L'objectif de la présente étude consiste à examiner la variation de certaines des composantes de la productivité ainsi que le taux de croissance potentiel de la population de morues dans les divisions 2J3KL. Plus particulièrement, l'objectif consiste à déterminer si la population connaît une période prolongée de faible productivité.

MÉTHODES

Les changements dans la longueur selon l'âge, le poids selon l'âge et l'état de santé ont été examinés en utilisant des données recueillies à bord d'un navire de recherche. La longueur selon l'âge et le poids selon l'âge ont été calculés pour les divisions 2J3KL combinées, ce qui permettait de corriger l'échantillonnage stratifié selon la longueur. On a examiné les séries chronologiques pour tenter de déceler toutes les tendances possibles. En outre, la variation annuelle du poids moyen selon l'âge et de la longueur moyenne selon l'âge a été examinée pour les âges 3 à 7, en analysant l'écart par rapport à la moyenne exprimé en proportion sur les séries chronologiques pour chaque âge. Le poids moyen selon l'âge ou la longueur moyenne selon l'âge au cours des séries chronologiques (de 1981 à 2015 pour la longueur et de 1981 et 2017 pour le poids) ont été calculés pour chaque âge. L'écart a été calculé pour chaque âge et pour chaque année en soustrayant la moyenne de chaque âge sur les séries chronologiques de l'observation annuelle de cet âge, puis en divisant le résultat par la moyenne de cet âge.

L'état de santé relatif (K relatif) a été calculé par rapport à une longueur par rapport à la régression de poids éviscéré pour les divisions 2J3KL combinées. L'indice de l'état de santé est ensuite calculé en divisant l'état observé par l'état prédit à partir d'une régression du poids sur la longueur pour un poisson affichant cette longueur. L'état relatif du foie (KF relatif) a été calculé de la même façon, à l'aide d'une régression de la longueur sur le poids du foie. Les valeurs de K relatif et de KF relatif ont été estimées pour chaque année en utilisant un modèle linéaire généralisé comportant un lien d'identité et une erreur gamma, l'année représentant une variable de la classe.

Les données d'entrée et les résultats de l'évaluation de la morue dans les divisions 2J3KL de 2018 ont été utilisés (rapport non publié de Dwyer *et al.*¹), ainsi que les résultats du modèle prolongé jusqu'en 1962 (exécution xteNCAM de base, rapport non publié de Regular²) dans un certain nombre de calculs effectués pour examiner l'évolution de la productivité de la population selon les méthodes élaborées par Morgan et ses collaborateurs (2016).

Les valeurs annuelles de recrues par géniteur (RPG) ont été calculées et placées sur une courbe de temps, où :

$$RPG_y = \frac{N_{1,Y+1}}{BSR_y}$$

Les valeurs annuelles de géniteurs par recrue ont été calculées comme suit :

$$GPR_y = \sum_{a=1}^{14} N_a e^{-M_{a-1,y}} \times W_{ay} \times P_{ay}$$

où N_a est le nombre selon l'âge débutant à 1 poisson d'âge 1, M_{ay} est la mortalité naturelle telle qu'estimée grâce au modèle d'évaluation à l'âge a durant l'année y , W_{ay} est le poids à l'âge a durant l'année y , et P_{ay} est la proportion estimée de poissons matures à l'âge a durant l'année y . GPR_y reflète la biomasse du stock reproducteur (BSR) potentielle (kg) produite par une recrue en moyenne pendant toute sa durée de vie en l'absence de pêche. On a posé comme hypothèse que cela se produit durant une année unique, plutôt que durant toute la durée de vie d'une cohorte. En conséquence, on présume que cela a trait au poids, à la mortalité et à la proportion d'individus matures selon l'âge pour l'année durant laquelle le poisson est né, plutôt qu'aux valeurs enregistrées pour chaque année et âge subséquents au fur et à mesure que la recrue vieillit. L'avantage de cette démarche est qu'elle permet d'éviter la présence de cohortes incomplètes au début et à la fin des séries chronologiques et de replier les GPR sur une seule année et sur un seul recrutement. Cela reflète l'état des géniteurs qui produisent les recrues durant cette année.

Pour déterminer le taux de croissance (G) potentiel de la population (BSR), j'ai utilisé un modèle de population structuré par âge standard (Quinn et Deriso 1999) pour simuler G en l'absence de pêche une fois qu'une composition selon l'âge stable a été atteinte. Le modèle de simulation structuré par âge était entièrement déterminé par les équations suivantes :

$$N_{a+1,y+1} = N_{ay} + e^{-M_{ay}}$$

avec

$$N_{1,y+1} = RPG_y \times BSR_y$$

où N_{ay} est le nombre de poissons à l'âge a durant l'année y , RPG_y est le nombre de recrues par géniteur durant l'année y et M_{ay} est la mortalité naturelle à l'âge a durant l'année y , tel

¹ Dwyer, K.S., Brattey, J., Cadigan, N., Healey, B.P., Ings, D.W., Lee, E.M., Mello, L., Morgan, M.J., Regular, P., Rideout, R.M., Rogers, R. et L. Wheeland. 2018. Assessment of the Northern Cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO Divisions 2J3KL in 2018. Rapport non publié du MPO.

² Regular, P.M. 2019. Extension of the Northern Cod (*Gadus morhua*) State-Space Integrated Assessment Model back to 1962. Rapport non publié du MPO.

qu'estimés grâce au modèle d'évaluation. Le taux de croissance potentiel maximal de la BSR était simplement calculé comme suit :

$$G = \frac{BSR_{y+1} - BSR_y}{BSR_y}$$

où $F = 0$ et où le stock se situe en deçà du point de rupture de la courbe en bâton de hockey s/r et affiche une composition selon l'âge stable.

Un modèle de production excédentaire de base a également été calculé, où

$$P_y = BSR_{y+1} - BSR_y + C_y$$

P_y est la production excédentaire durant une année y et C_y représente les captures telles qu'estimées grâce au modèle d'évaluation de la morue. Le taux de production excédentaire a été calculé comme étant : $\frac{P_y}{BSR_y}$

RÉSULTATS

La longueur moyenne selon l'âge de la morue des divisions 2J3KL a diminué depuis le début de la série chronologique en 1981 (figures 1 et 2) jusqu'à environ 1985 ou 1986. La longueur moyenne selon l'âge est demeurée faible jusqu'au milieu des années 1990, après quoi elle a augmenté. Depuis le milieu des années 2000, la longueur moyenne selon l'âge a été semblable aux niveaux enregistrés au début de la série chronologique, à l'exception d'un déclin important observé en 2012. La longueur moyenne selon l'âge s'est située au-dessus de la moyenne de la série chronologique durant la plupart des années depuis 1997.

Le poids moyen selon l'âge a décliné depuis le début de la série chronologique jusqu'au début des années 1990, avant de commencer à augmenter (figures 3 et 4). Il est demeuré en dessous de la moyenne jusqu'à environ 1997. Le poids moyen selon l'âge s'est situé au-dessus de la moyenne et à des niveaux semblables à ceux enregistrés au début de la série chronologique durant la plupart des années entre 1997 et 2014. Cependant, on a observé un déclin régulier depuis 2013 et, en 2017, le poids selon l'âge se situait bien en deçà de la moyenne. L'état éviscéré relatif a diminué depuis le début des séries chronologiques jusqu'à environ 1985, et était également faible durant la période allant de 1990 à 1994 (figure 5). Depuis, il est demeuré égal ou supérieur à la moyenne durant presque toutes les années, bien qu'on ait observé un déclin régulier entre 2011 et 2016, avant une augmentation près de la moyenne en 2017. L'état relatif du foie (figure 5) a décliné durant les toutes premières années des séries chronologiques, mais s'est situé depuis à la moyenne ou au-dessus de celle-ci durant la plupart des années. À l'instar de l'état relatif éviscéré, l'état relatif du foie a affiché un déclin régulier entre 2011 et 2016, mais s'est situé au-dessus de la moyenne en 2017.

La biomasse des géniteurs (kg) par recrue (GPR) a fluctué tout au long des séries chronologiques (figure 6). Les résultats des deux modèles (modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983 ou en 1962) étaient presque à zéro entre 1991 et 1994. Depuis 2004, les GPR se sont situés généralement au-dessus de la moyenne, bien que cette valeur ait été très faible en 2009 et en 2010. Les GPR étaient très élevés en 1980 et en 1982 d'après le modèle qui était élargi jusqu'en 1962.

Les recrues par géniteur (RPG) ont augmenté pour s'établir à des niveaux très élevés au milieu des années 1990 (figure 7). Elles sont demeurées à ces hauts niveaux jusqu'en 2002, après quoi elles ont décliné pour s'établir juste en dessous de la moyenne. Les RPG pour les classes

d'âge les plus récentes se situent bien en deçà de la moyenne, près des niveaux enregistrés durant les années 1980.

En utilisant les résultats du modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983, le taux de croissance potentiel de la population fluctuait entre un creux de -0,69 et un pic de 0,44 (figure 8). Il affichait des valeurs négatives et se situait à ses plus bas niveaux entre 1990 et 1994, au moment de l'effondrement de la population. Le taux de croissance potentiel de la population était de nouveau négatif entre 2000 et 2003, et en 2009 et en 2010. Durant la plupart des années depuis 1995 (17 années sur 21), le taux de croissance potentiel de la population était positif, s'échelonnant entre 4 et 42 %, des valeurs qui sont légèrement supérieures aux valeurs enregistrées avant les années 1990. Les résultats étaient semblables lorsqu'on utilisait le modèle d'évaluation de la morue débutant en 1962. Le taux de croissance potentiel de la population était négatif entre 1990 et 1994, entre 2001 et 2003 et, de nouveau, dans la première partie des séries chronologiques, entre 1970 et 1974. Bien que la croissance potentielle n'était pas négative en 2009 et en 2010, elle affichait des valeurs très faibles. Les résultats obtenus grâce au modèle élargi montraient que le taux de croissance potentiel de la population était positif durant toutes les années sauf trois depuis 1995, avec des valeurs égales ou supérieures aux niveaux enregistrés durant la première partie des séries chronologiques durant bon nombre d'années. Selon ce modèle, le taux de croissance potentiel de la population oscillait entre - 0,64 et 0,42.

La production excédentaire dérivée des deux formulations du modèle d'évaluation de la morue était semblable (figure 9). Les deux modèles affichaient une production excédentaire au niveau de la BSR plus faible, en deçà de la moyenne enregistrée durant les années 1980, et une période de production excédentaire négative au début des années 1990. Le modèle élargi montrait l'existence d'un déclin régulier de la production excédentaire entre la fin des années 1960 et le milieu des années 1970 et, en général, une production excédentaire plus élevée lorsque les niveaux de la BSR étaient supérieurs à la moyenne enregistrée durant les années 1980.

Malgré une certaine variabilité interannuelle, le taux de production excédentaire était semblable sur une vaste fourchette de la BSR, sauf durant les années où la production était négative (figure 10). On observe davantage d'années au cours desquelles la production excédentaire se situe près de zéro depuis 1995 que plus tôt durant les séries chronologiques, mais il n'y a pas d'indication d'un déclin général du taux de production, bon nombre d'années affichant un taux de production excédentaire semblable à celui enregistré avant l'effondrement de la population.

DISCUSSION

La longueur selon l'âge, le poids selon l'âge et l'état relatif éviscéré indiquaient tous la présence d'une productivité réduite à la fin des années 1980 et au début des années 1990, lorsque le stock s'est effondré. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Morgan et ses collaborateurs (2018), qui ont examiné ces valeurs par division et par stade biologique. Ces auteurs ont conclu qu'en 2006, ces indices de la productivité étaient, de façon générale, revenus aux niveaux enregistrés avant l'effondrement du stock.

Au cours de cette étude, on n'examine pas de façon directe les changements dans la maturité et la mortalité naturelle, mais ces composantes de la productivité sont incluses dans les GPR, les RPG et le taux de croissance potentiel de la population. Toutes ces mesures indiquaient la présence d'une productivité réduite durant la période au cours de laquelle la population s'est effondrée, à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Elles ont toutes varié depuis, avec certaines périodes affichant des RPG et des GPR en deçà de la moyenne et un taux de

croissance potentiel de la population négatif. Cependant, il n'y a pas d'indication de la présence d'une période prolongée de faible productivité.

Si l'on se fonde sur les analyses de la croissance potentielle de la population, on peut s'attendre à ce que le taux de croissance maximal de la population de morues du Nord oscille entre 42 et 44 %. Ce résultat est raisonnablement cohérent avec les analyses effectuées par Morgan et ses collaborateurs (2016), qui reposaient sur les résultats de l'application d'un modèle de population précédent pour la morue du Nord. Ces auteurs ont trouvé que le taux de croissance potentiel maximal de la population était de 30 %.

La production excédentaire a été plus faible durant les dernières années, lorsque la BSR se situait en deçà des niveaux enregistrés durant les années 1980. Cependant, le taux de production excédentaire est semblable à celui enregistré avant la période d'effondrement du stock, ce qui indique que la productivité est également semblable.

Dans l'ensemble, rien n'indique que la morue des divisions 2J3KL connaît une période prolongée de faible productivité donnant à penser que les niveaux de biomasse historiques ne pourront être atteints dans le futur dans des conditions environnementales similaires.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Morgan, M.J., Shelton, P.A., Rideout, R.M. 2014a. An evaluation of fishing mortality reference points under varying levels of population productivity in three Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks. ICES J. Mar. Sci. 71: 1407-1416.
- Morgan, M.J., Shelton, P.A., Rideout, R.M. 2014b. Varying components of productivity and their impact on fishing mortality reference points for Grand Bank Atlantic cod and American plaice. Fish. Res. 155: 64-73.
- Morgan, M.J., Shelton, P.A., González-Costas, F., González-Troncoso, D. 2016. Compensation potential from six depleted groundfish stocks from the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 73: 257-269.
- Morgan, M.J., Koen-Alonso, M., Rideout, R.M., Buren, A.D., Maddock Parsons, D. 2018. Growth and condition in relation to the lack of recovery of northern cod. ICES J. Mar. Sci. 75: 631-641.
- Quinn, T.J., II, Deriso, R.B. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press, New York. 560 p.

FIGURES

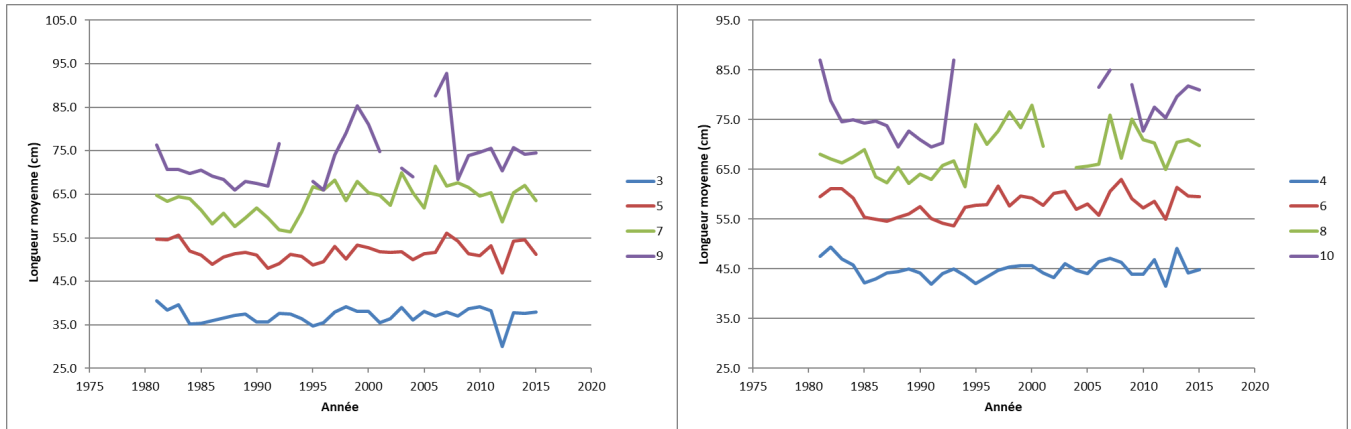


Figure 1. Longueur moyenne selon l'âge (cm) pour les morues d'âges 3 à 10 des divisions 2J3KL d'après les données provenant des navires de recherche.

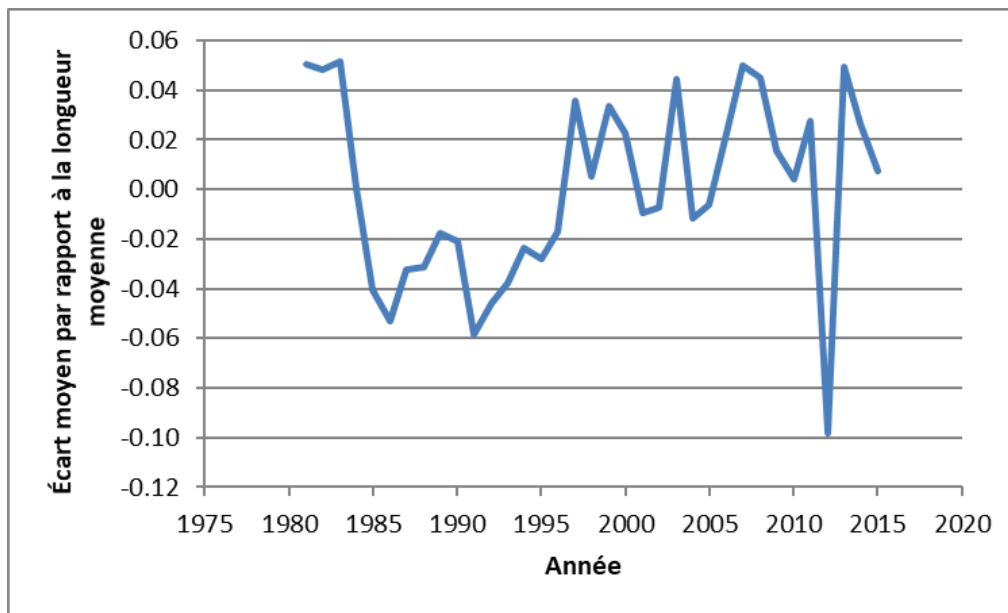


Figure 2. Écart moyen (en tant que proportion) par rapport à la longueur moyenne selon l'âge des morues d'âges 3 à 7 des divisions 2J3KL.

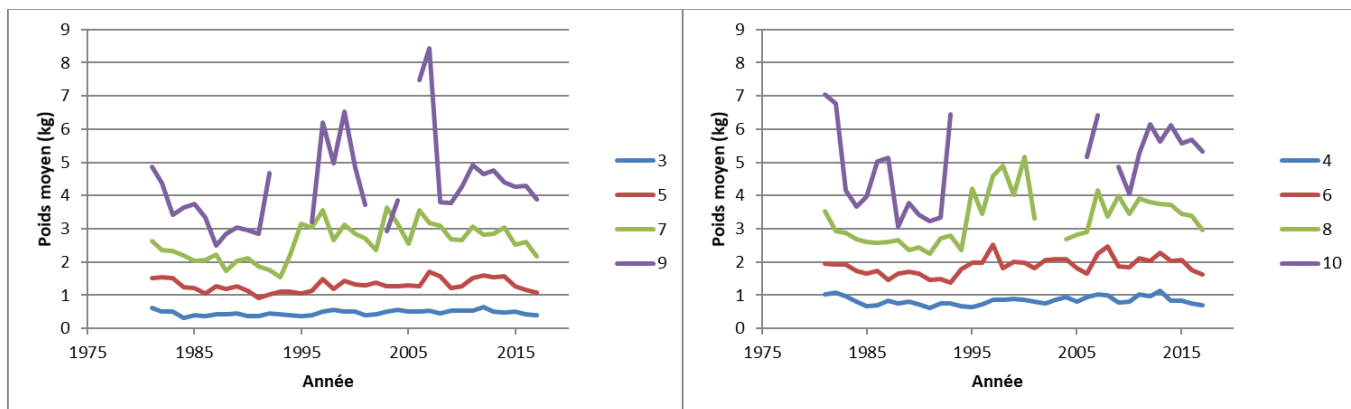


Figure 3. Poids moyen selon l'âge (kg) pour les morues d'âges 3 à 10 des divisions 2J3KL d'après les données provenant des navires de recherche.

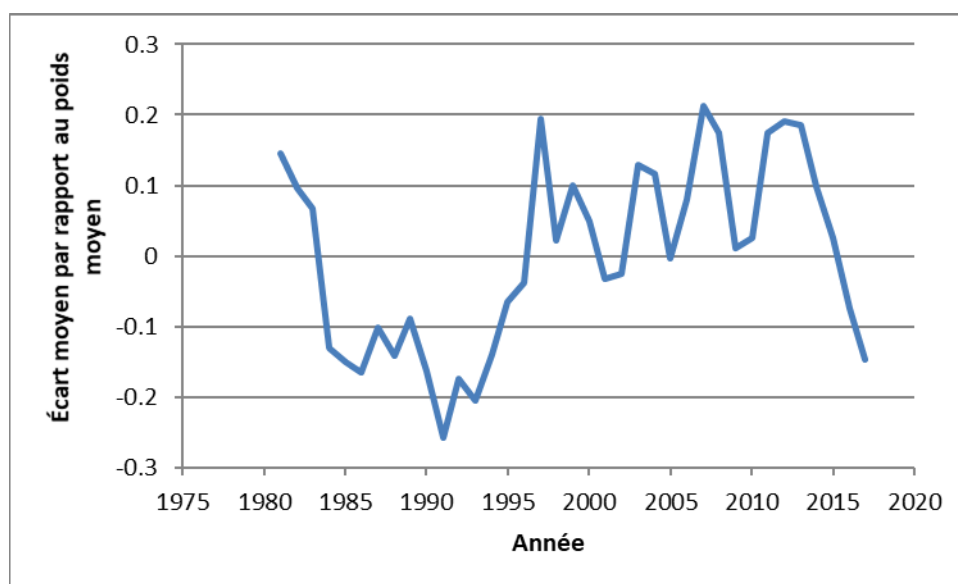


Figure 4. Écart moyen (en tant que proportion) par rapport au poids moyen selon l'âge des morues d'âges 3 à 7 des divisions 2J3KL.

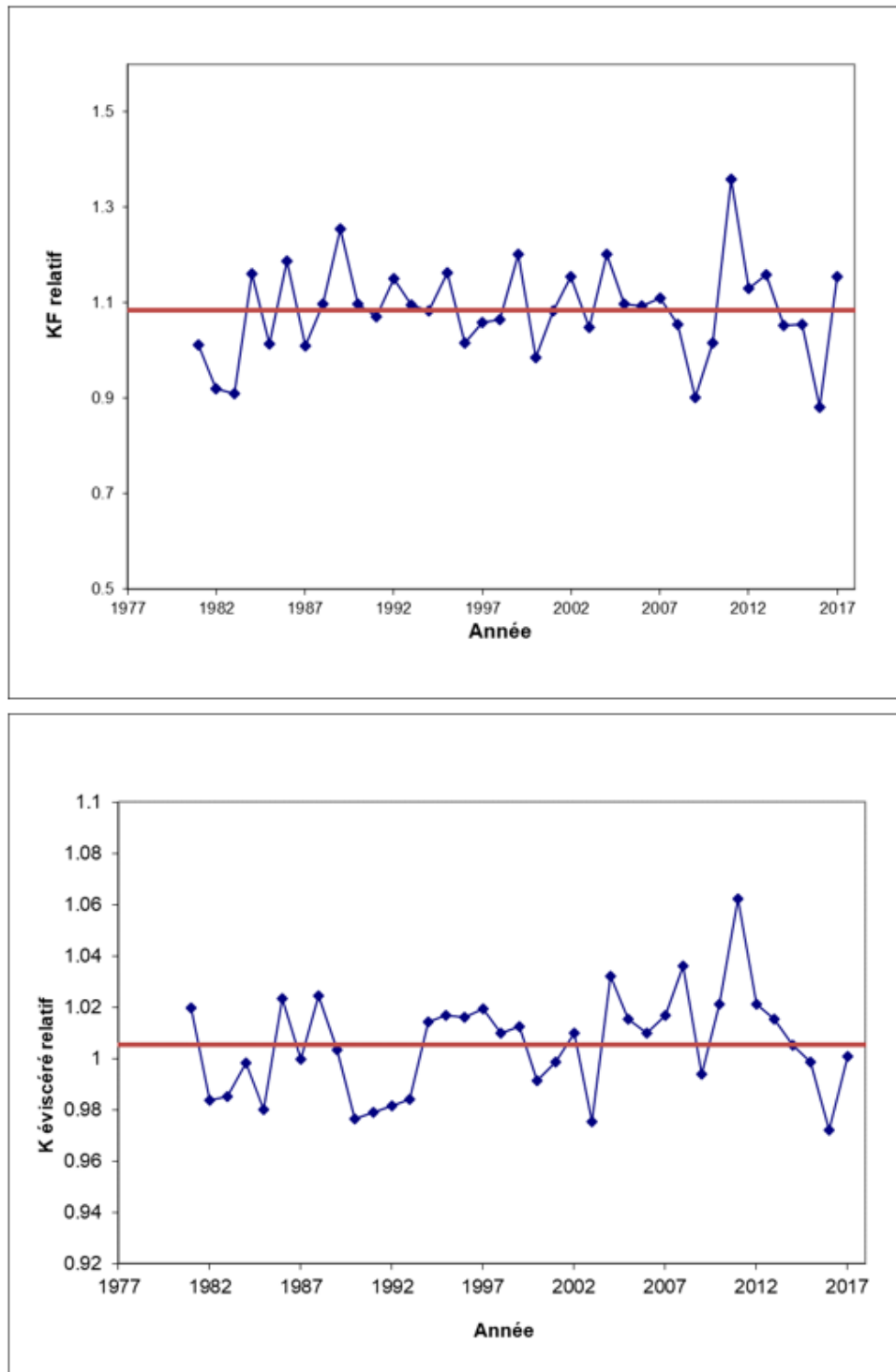


Figure 5. État relatif éviscéré (en haut) et état relatif du foie (en bas) des morues des divisions 2J3KL. La ligne horizontale indique l'estimation moyenne de l'effet de l'année.

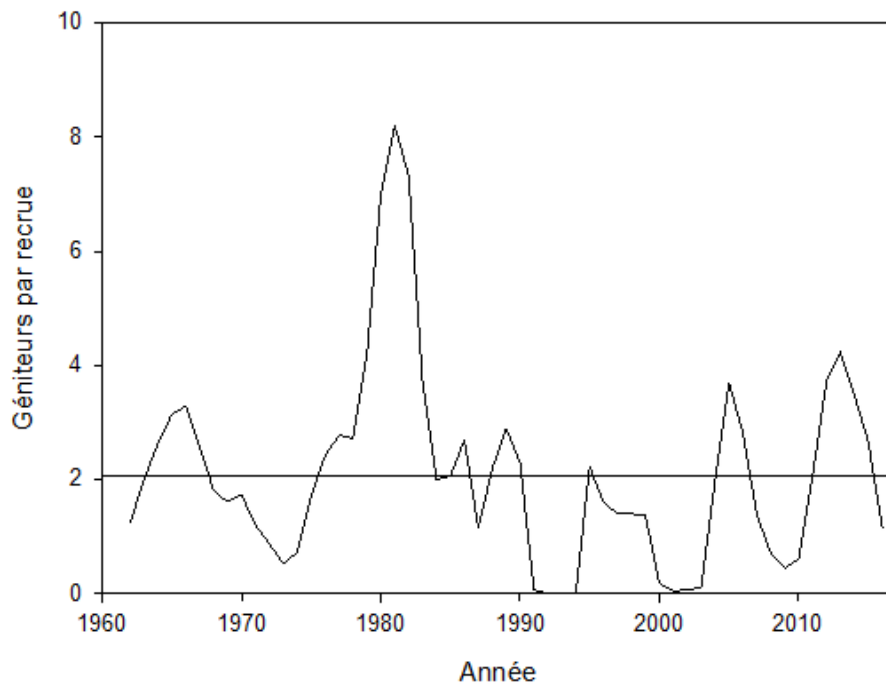
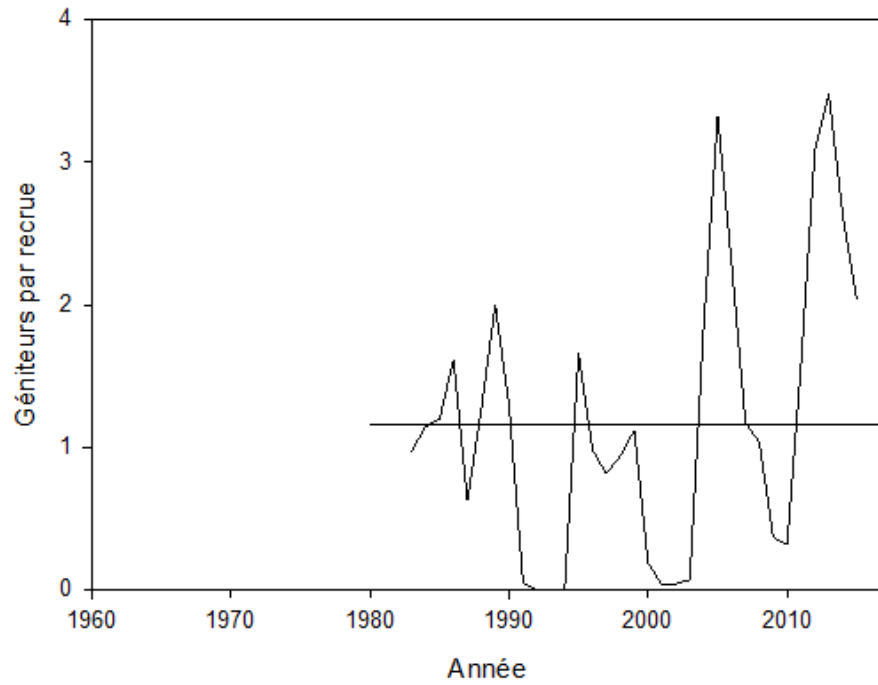


Figure 6. Géniteurs par recrue pour la morue des divisions 2J3KL dérivés des résultats du modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983 (en haut) et en 1962 (en bas). La ligne horizontale donne la moyenne pour chaque série chronologique.

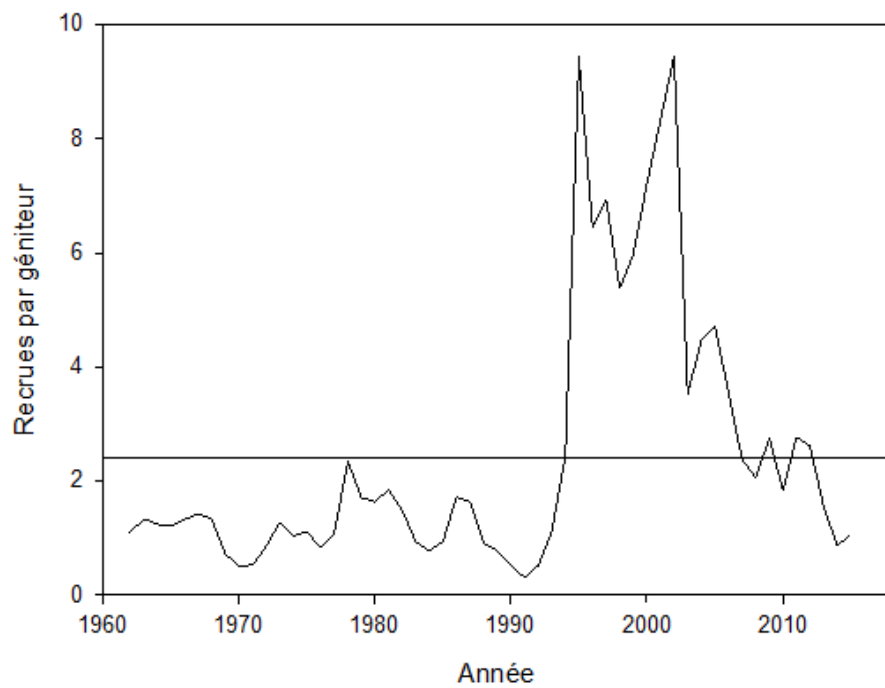
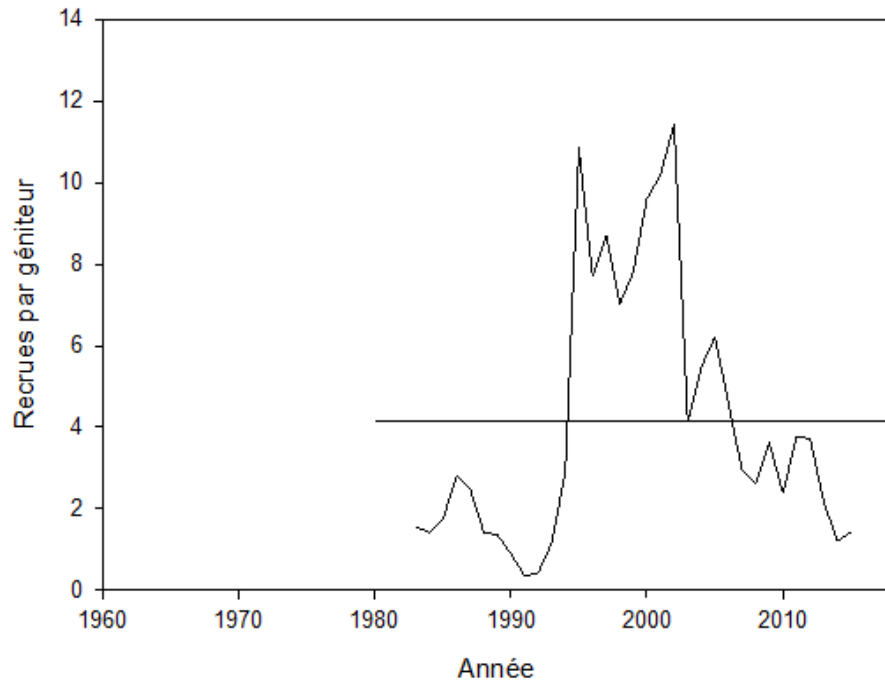


Figure 7. Recrues par géniteur pour la morue des divisions 2J3KL dérivées des résultats du modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983 (en haut) et en 1962 (en bas). La ligne horizontale donne la moyenne pour chaque série chronologique.

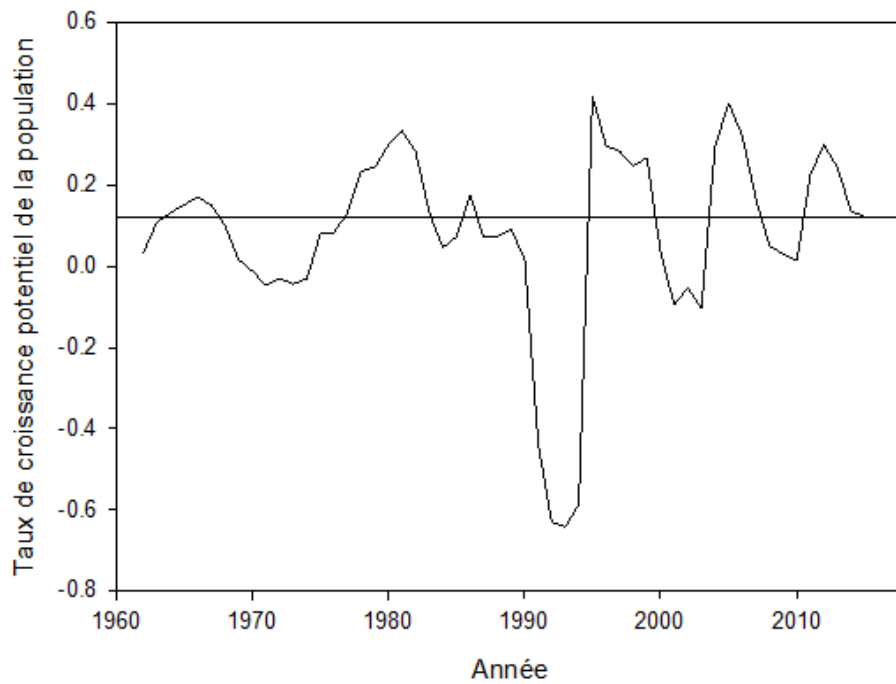
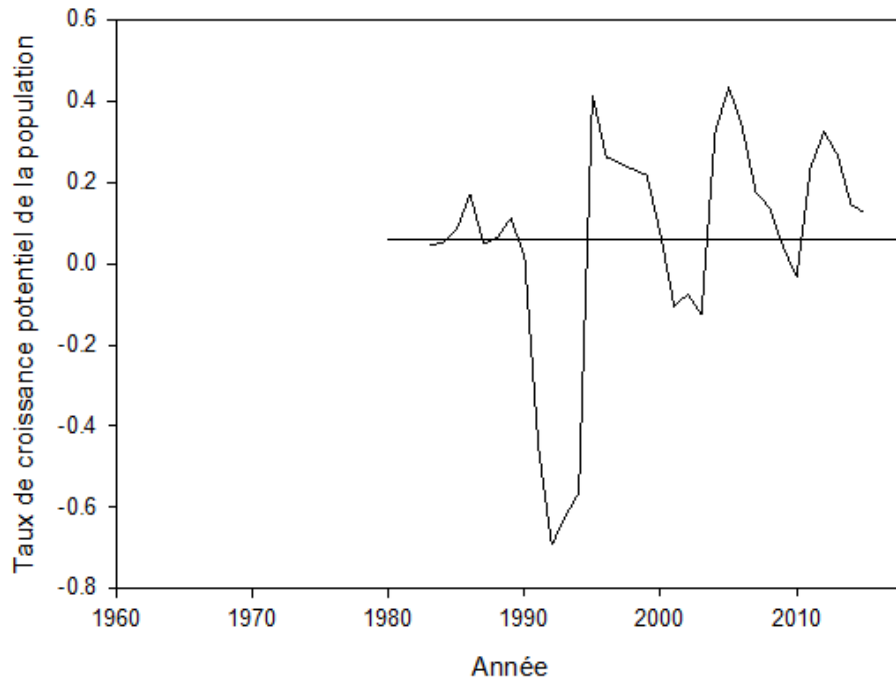


Figure 8. Taux de croissance potentiel de la population exprimé en proportion de la croissance de la BSR pour la morue des divisions 2J3KL dérivé des résultats du modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983 (en haut) et en 1962 (en bas).

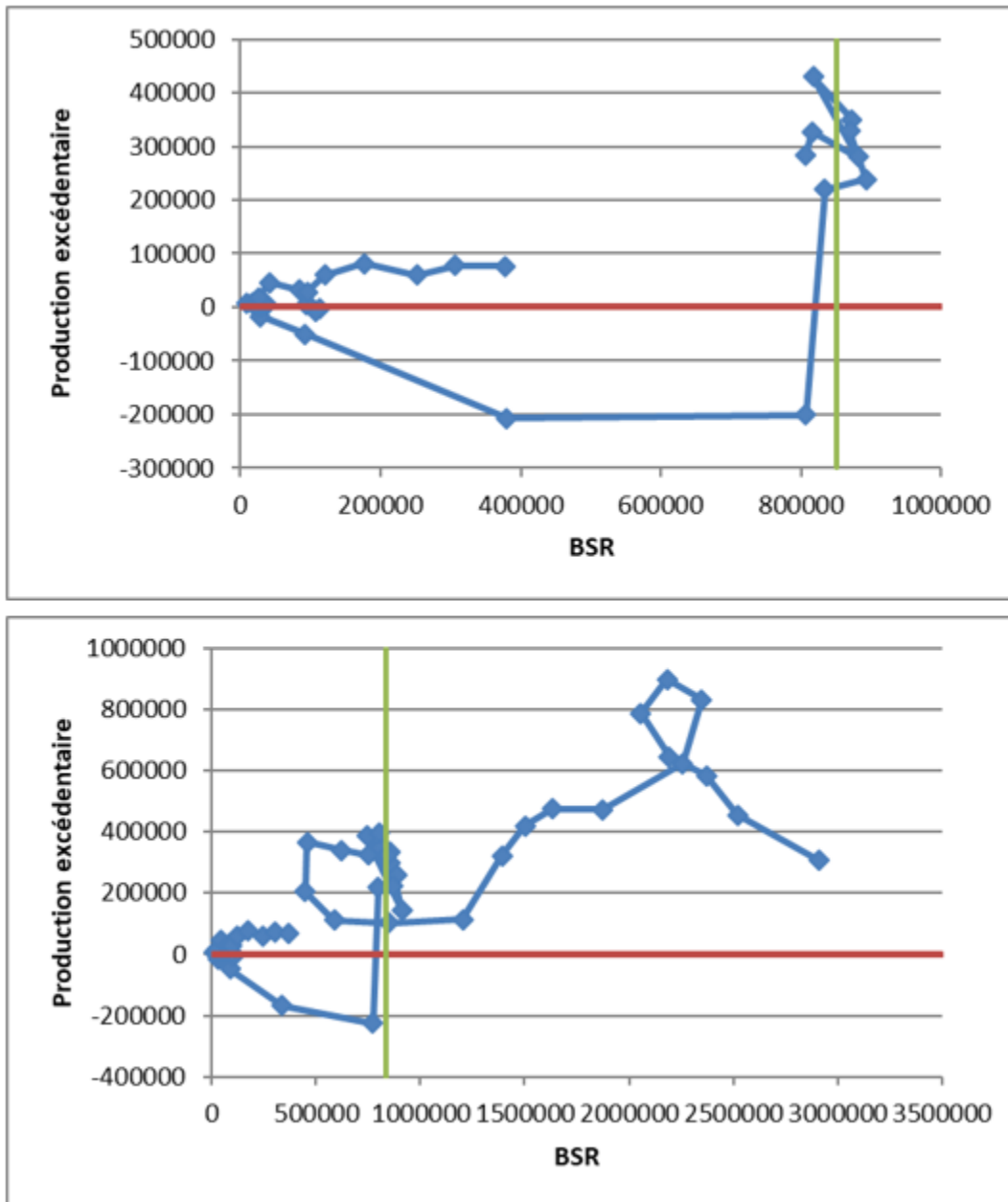


Figure 9. Production excédentaire d'après les résultats du modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983 (en haut) et en 1962 (en bas). Dans chaque graphique, la ligne horizontale représente le zéro et la ligne verticale représente la BSR moyenne enregistrée durant les années 1980.

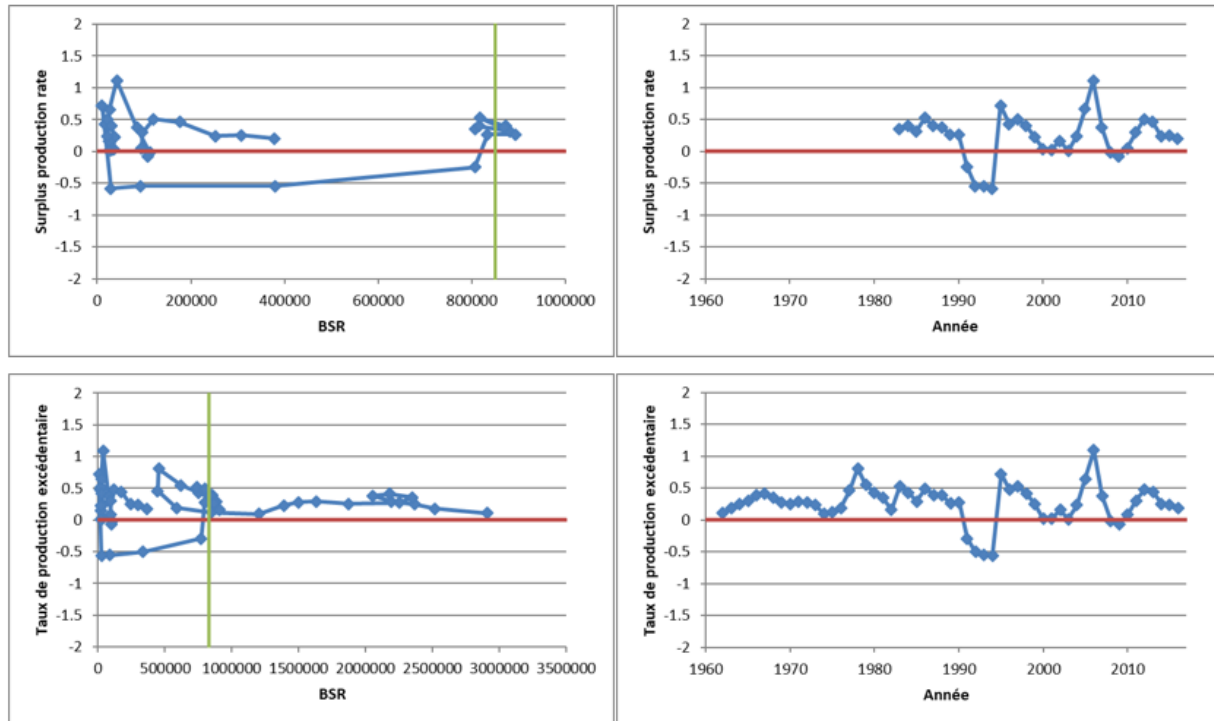


Figure 10. Taux de production excédentaire d'après les résultats du modèle d'évaluation de la morue débutant en 1983 (en haut) et en 1962 (en bas). Les panneaux de gauche montrent le taux de production excédentaire par rapport à la BSR, et les panneaux de droite montrent l'évolution du taux au fil du temps. Dans chaque graphique, la ligne horizontale représente le zéro et, dans les panneaux de gauche, la ligne verticale représente la BSR moyenne durant les années 1980.