



Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans
Canada

Sciences

Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2014/041

Région du Québec

Un modèle de simulation de stratégies de récolte pour évaluer les effets des changements de la fréquence des avis : une application à la crevette nordique

Hugo Bourdages et Mathieu Desgagnés

Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

Avant-propos

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

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

Publié par :

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

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



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

La présente publication doit être citée comme suit :

Bourdages, H. et Desgagnés, M. 2014. Un modèle de simulation de stratégies de récolte pour évaluer les effets des changements de la fréquence des avis : une application à la crevette nordique. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2014/041. v + 15 p.

Also available in English:

Bourdages, H. and Desgagnés, M. 2014. A model for simulating harvest strategies to evaluate the effects of changes in assessment frequency: An application to Northern Shrimp. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/041. v + 14 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES	1
Structure du Modèle opérationel.....	1
Règles de décision du TAC	2
Analyse de sensibilité	3
RÉSULTATS ET DISCUSSION	4
CONCLUSION.....	5
RÉFÉRENCES	5
TABLEAU	6
FIGURES.....	7

RÉSUMÉ

Un modèle opérationnel a été utilisé pour tester de nouvelles règles de décision pour évaluer les effets des changements de la fréquence des évaluations sur l'avis en matière de gestion des pêches pour la crevette nordique du golfe du Saint-Laurent. À cause que la crevette nordique est une espèce sujette à des variations d'abondance reliées au recrutement variable et étant donné sa brève longévité et la courte période de disponibilité à la pêche, des ajustements fréquents des prélèvements sont nécessaire afin de suivre la dynamique de ce stock. Les simulations ont démontré que dès que l'on espace de plus d'un an les ajustements de TAC, les indicateurs de l'abondance et des débarquements diminuent.

ABSTRACT

An operational model was used to test new decision rules to evaluate the effects of changes in the assessment frequency on management advice for the Northern Shrimp fishery in the Gulf of St. Lawrence. Because the Northern Shrimp is a species subject to abundance variations related to variable recruitment and given its brief lifespan and the short period of availability to the fisheries, frequent adjustments of harvest are needed to track the dynamics of the stock. Simulations have shown that as soon as the TAC adjustment frequency is more than one year, the abundance and landings indicators decline.

INTRODUCTION

La pêche à la crevette nordique (*Pandalus borealis*) dans le golfe du Saint-Laurent est effectuée par des chalutiers dans quatre zones de pêche à la crevette. La pêche est soumise à plusieurs mesures de gestion dont le contrôle des prises par un total admissible des captures (TAC). La gestion par TAC permet de limiter l'exploitation de façon à protéger le potentiel reproducteur de la population. Les éléments essentiels à l'établissement d'une approche de précaution ont été adoptés en 2012 (MPO 2012). Des points de référence ont été déterminés et des lignes directrices ont été établies pour déterminer le prélèvement en fonction de l'indicateur principal de l'état des stocks et de son positionnement relativement aux zones de classification saine, de prudence et critique (MPO 2011). Les lignes directrices sont basées sur un taux d'exploitation constant quand le stock est dans la zone saine. Le taux de prélèvement diminue en zone de prudence jusqu'à la zone critique où le taux d'exploitation est constant à une valeur quatre fois inférieure à celle de la zone saine. Une fois le prélèvement établi, des règles de décision sont appliquées pour déterminer le TAC.

L'évaluation de ces stocks est réalisée aux deux ans afin de mettre en lumière les changements dans l'état des stocks qui justifieraient des ajustements aux mesures de conservation et au plan de gestion. Dans l'année intérimaire, une mise à jour est faite afin de déterminer le prélèvement en fonction de l'indicateur principal de l'état du stock et de son positionnement relativement aux zones saine, de prudence et critique.

En 2012, un modèle opérationnel a été utilisé pour simuler des règles de décision afin d'aider l'Industrie à faire des choix éclairés quant aux stratégies de récolte (Desgagnés et Savard 2012). Ce même modèle est réutilisé ici afin de tester de nouvelles règles de décision, soit d'évaluer les effets des changements de la fréquence des ajustements du prélèvement. Les fréquences testées sont un ajustement annuel du TAC ou pour un TAC constant pour des périodes de 2 à 5 ans. Pour incorporer l'incertitude relative aux données, à la structure du modèle ou aux fluctuations environnementales futures, six scénarios sont explorés pour juger de la robustesse et de la performance des fréquences d'ajustement étudiées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

STRUCTURE DU MODÈLE OPÉRATIONNEL

Le modèle développé pour projeter l'évolution d'une population de crevettes porte sur des effectifs distribués en sept stades de maturité: un stade larve (l), 4 stades mâles ($m1$ à $m4$) et 2 stades femelles ($f1$ et $f2$). Les mâles sont groupés selon leur âge (de 1 an à 4 ans) et les femelles selon qu'elles ont ou non déjà porté des œufs (primipares et multipares). Le modèle a un pas de temps annuel et une matrice de Leslie permet d'exprimer les équations qui caractérisent la dynamique du stock modélisé :

$$\begin{pmatrix} N_l \\ N_{m1} \\ N_{m2} \\ N_{m3} \\ N_{m4} \\ N_{f1} \\ N_{f2} \end{pmatrix}_{t+1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & f(n_{f1}) & f(n_{f2}) \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{it}(1-cs_i) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \phi_{it}(1-cs_i) & \phi_{it}(1-cs_i) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{it}(cs_i) & \phi_{it}(cs_i) & \phi_{it}(cs_i) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \phi_{it} & \phi_{it} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} N_l \\ N_{m1} \\ N_{m2} \\ N_{m3} \\ N_{m4} \\ N_{f1} \\ N_{f2} \end{pmatrix}_t$$

où N_i est le nombre d'individus de stade i , cs_i est la proportion d'individus de stade i qui changeront de sexe dans l'année en cours, $f(n_i)$ est la relation entre le nombre de reproducteurs et les recrues et ϕ_{it} est la survie des individus de stade i au temps t , déterminée tel que :

$$\phi_{it} = e^{-(M_i + F_i * s_i^{comm})}$$

où M et F sont les mortalités naturelles et dues à la pêche et s_i^{comm} est la sélectivité des engins de pêche commerciale pour les individus de stade i .

Dans le modèle, les mâles de 2 ans ($m2$) sont considérés comme les recrues et leur nombre est estimé par une relation entre le stock reproducteur et les recrues. L'inclusion des stades l et $m1$ dans le modèle reproduit le délai entre l'éclosion et le recrutement. Les stades $m4$ et $f2$ regroupent respectivement les mâles de 4 ans et plus et les femelles de 2 ans et plus. À partir du stade $m2$, un mâle peut changer de sexe pour devenir une femelle primipare ($f1$).

Le modèle permet de calculer un premier indicateur de l'état du stock soit le taux de capture de la pêche commerciale :

$$I_{i,t}^{comm} = q_{comm} N_{i,t}$$

où q_{comm} est la capturabilité commerciale.

Le modèle permet aussi de calculer un second indicateur de l'état du stock soit une estimation de la biomasse issue d'un relevé scientifique :

$$I_{i,t}^{rel} = q_{rel} N_{i,t} e^{\left(\frac{-M_i + F_i * s_i^{comm}}{2} \right) s_i^{rel}}$$

où q_{rel} est la capturabilité du relevé et s_i^{rel} est la sélectivité des engins de pêche du relevé pour les individus de stade i . La mortalité instantanée totale est divisée par 2 pour représenter un relevé qui aurait lieu en milieu d'année.

Les simulations du modèle sont initiées en reproduisant les 21 années (1990 à 2010) de données de la pêche et du relevé de la zone de pêche à la crevette Sept-Îles du golfe du Saint-Laurent (Savard 2011, Savard et Bourdages 2011). La série des recrutements estimée à partir des distributions de fréquences de taille du relevé fournit un recrutement supposé être exact pour cette période. Simultanément, les captures réelles sont imposées au modèle. À partir de l'année 22, une relation entre le stock reproducteur et les recrues prend le relais et les prélèvements sont fixés selon une règle prédéfinie. Les effectifs présents à l'an 1 sont déterminés à partir des distributions de fréquences de taille de relevé de 1990 ajusté pour la sélectivité de l'engin (Tableau 1). Un total de 1 001 projections a été effectué, chacune pour une durée fixée à 25 ans.

Le prélèvement par la pêche est exprimé en poids et la mortalité instantanée due à la pêche (F_i) est ajustée à chaque pas de temps pour produire les prélèvements attendus. La valeur maximale autorisée pour F dans le présent exercice est de 3, ce qui nécessite un effort approximativement 2,5 fois supérieur au maximum observé entre 1990 et 2010 pour la zone de pêche Sept-Îles.

RÈGLES DE DÉCISION DU TAC

Savard (2012) décrit comment les informations issues des données commerciales et des relevés scientifiques sont combinées pour obtenir un indice de l'état des stocks de crevette du nord du Golfe du Saint-Laurent. Pour les besoins des simulations, une version modifiée pour inclure une erreur d'observation est utilisée :

$$I_t^{tot} = \frac{I_{m,t}^{comm} + I_{f,t}^{comm} + I_{m,t}^{rel} + I_{f,t}^{rel}}{4} + \varepsilon_t$$

où $I_{m,t}^{comm}$ et $I_{f,t}^{comm}$ représentent un indice standardisé commercial (nombre par unité d'effort) au temps t pour les stades mâles et stades femelles, $I_{m,t}^{rel}$ et $I_{f,t}^{rel}$ représentent un indice standardisé du relevé (nombre total estimé) au temps t pour les stades mâles et stades les femelles, et ε_t est une erreur d'observation normalement distribuée. La standardisation des indices est réalisée sur la moyenne des dix premières années (correspondant aux années d'observation 1990 à 1999).

Des lignes directrices s'appuyant sur l'état de la ressource relativement aux points de référence sont utilisées pour déterminer les captures commerciales permises pour l'année suivante. Cette règle est conforme à une approche de précaution. La règle est décrite par :

$$TAC = \begin{cases} 0 & I_t^{tot} \leq b_{lim} \\ I_t^{tot} - b_{lim} * Y & b_{lim} < I_t^{tot} \leq b_{sup} \\ b_{sup} - b_{lim} & I_t^{tot} > b_{sup} \\ I_t^{tot} * Y & \end{cases} \quad \text{si :}$$

Ainsi, l'intensité de l'exploitation est modifiée selon la zone où se trouve le stock (critique, de prudence ou saine). La valeur de référence utilisée est fixée à 12 000 et les valeurs des points de référence utilisées sont de 0,56 pour le point de référence limite (b_{lim}) et 1,35 pour le point de référence supérieur (b_{sup}).

Cette règle a été mise à l'essai pour illustrer l'impact d'un ajustement annuel du TAC comparativement des TAC fixés pour des périodes de 2 à 5 années.

ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Pour décrire l'impact du choix des valeurs des paramètres sur les résultats des simulations, une analyse de sensibilité est réalisée. Cet exercice permet de moduler l'importance à accorder à l'incertitude accompagnant ces paramètres lors de l'analyse des résultats. Cette sensibilité est évaluée en considérant un cas de base et en modifiant certains paramètres clés individuellement. L'interaction possible entre ces paramètres n'est toutefois pas prise en compte.

Le scénario de base (*Base*) correspond à la formulation des paramètres telle que présentée au tableau 1 et à une relation stock-recrutement de type Hockey stick ajustée suivant une distribution normale. En plus du scénario de base, les scénarios suivants sont testés :

- deux alternatives à la relation stock-recrutement : une première de type Saila-Lorda suivant une distribution normale (*SL-n*) et une deuxième de type Ricker suivant une distribution log-normale (*Ric-ln*);
- une sous-estimation de l'erreur d'observation, soit un cv de 0.2 (*CV+*);
- une sous-estimation de la taille au changement de sexe, soit une valeur plus élevée de 3 millimètres (*CS+*);
- l'imposition d'une série de mauvais (0 individu recruté) recrutement pour trois années consécutives aux années de simulation 27 à 29 (*MC*);
- l'augmentation graduelle de la mortalité naturelle sur la période de projection pour qu'elle soit 60 % plus élevée à la fin qu'au début (*Pred*).

Le seul paramètre libre dans les analyses de sensibilité est la sélectivité du chalut du relevé de recherche pour le stade *m2*. Les courbes de sélectivité retenues pour chaque scénario

présentent une sélectivité pour le stade m_2 variant de 5,0 à 31,6 % (Desgagnés et Savard 2012). Plusieurs scénarios partagent la même courbe de sélectivité. Il s'agit du scénario de base (*Base*), de ceux utilisant une relation stock-recrutement alternative (*SL-n* et *Ric-In*), de celui supposant une sous-estimation de la variabilité de l'erreur d'observation (*CV+*), de celui infligeant un épisode de très faible recrutement (*MR*) et de celui augmentant graduellement la mortalité naturelle (*Pred*). La courbe de sélectivité utilisée avec un scénario est conservée pour toutes les règles de décision étudiées avec ce même scénario.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 présente la valeur médiane des 1 001 projections sur 25 ans de la biomasse femelle estimée pour chaque combinaison de scénarios et fréquence de décision du TAC. Les résultats aux figures 2 à 8 sont présentés sous forme de boîtes à moustache indiquant la médiane des 1 001 projections et les quartiles. Toutes ces figures permettent d'évaluer la sensibilité du modèle en comparant la performance des différentes fréquences de décision du TAC entre elles. D'autre part, certains des scénarios offrent la possibilité d'évaluer la sensibilité du modèle à des paramètres difficilement mesurables comme la mortalité naturelle et le coefficient de variation de l'erreur sur l'indice de l'état du stock, ou encore pour lesquels peu de résultats probants sont disponibles comme la taille au changement de sexe.

La figure 1 montre qu'en comparant les résultats à ceux du cas de base, deux scénarios ont très peu d'impact sur la trajectoire de la biomasse moyenne des femelles. Il s'agit du scénario simulant une sous-estimation de l'erreur d'observation de l'indice de l'état du stock et celui simulant un changement de sexe tardif (*CS+*). Le modèle est donc peu sensible à ces deux paramètres et leur variation n'entraîne pas de changements dans l'interprétation de la performance des règles d'ajustement du TAC (Figures 2 à 8). En effet, peu importe l'indicateur examiné, la performance des règles l'une par rapport à l'autre demeure la même.

Par contre, le modèle est sensible aux paramètres de la relation stock-recrutement (*SL-n* et *RIC-n*), à l'épisode de mauvais recrutement et de la mortalité naturelle (Figure 1). Tous ces paramètres ont une incidence sur les effectifs et donc sur l'impact du prélèvement sur la trajectoire de la biomasse femelle. La relation stock-recrutement détermine le nombre de recrues qui est injecté chaque année dans le système étant donné l'abondance des femelles alors que la mortalité naturelle a une incidence sur la survie des individus. Les règles d'ajustement de la récolte peuvent donc avoir des impacts différents selon les hypothèses étudiées et il convient de tenir compte des incertitudes sur ces paramètres clés lors de la simulation de l'impact de règles de décision.

Les figures 2 à 8 comparent les différentes combinaisons scénario-règle selon des indicateurs de performances, soit :

- la proportion du temps passé en zone saine et critique, respectivement;
- la biomasse femelle moyenne pour les années 22 à 46 obtenue selon chaque combinaison règle-scénario;
- la moyenne des débarquements annuels pour les années de simulation 22 à 46; et
- les variations annuelles des débarquements; il s'agit de la moyenne des différences en valeur absolue entre le débarquement d'une année et celui de l'année suivante, pour la période de projection (années 22 à 46).

La trajectoire de la biomasse femelle se maintient en moyenne à un niveau plus élevé avec une règle qui fixe le TAC annuellement quel que soit le scénario considéré. Le stock se maintient en zone saine dans une proportion du temps plus grande et en zone critique, dans une proportion du temps plus petite avec la règle qui fixe le TAC annuellement. D'autre part, l'incertitude associée aux résultats des simulations augmente avec l'augmentation de la durée du TAC.

Les variations interannuelles du TAC sont plus élevées avec une règle qui fixe le TAC annuellement. Ceci s'explique par le fait que les règles qui prévoient des changements de TAC à des période de 2, 3, 4 ou 5 ans ont des années où la variation interannuelle est de zéro, mais si l'on regarde la variation interannuelle l'année où il y a un ajustement, la variation sera plus grande que la moyenne des variation interannuel de la règle de 1 an. Le débarquement cumulé sur 25 ans est plus élevé avec la règle d'ajustement annuel et diminue en fonction de la durée de fixation du TAC.

CONCLUSION

La crevette nordique est une espèce sujette à des variations d'abondance reliées au recrutement variable. Étant donné sa brève longévité et la courte période de disponibilité à la pêche, des ajustements fréquents des prélèvements sont nécessaire afin de suivre la dynamique de ce stock. Les simulations ont démontré que dès que l'on espace de plus d'un an les ajustements de TAC, les indicateurs d'abondances et des débarquements diminuent. Les résultats illustrent bien les informations dont les gestionnaires de la pêche doivent tenir compte lorsqu'ils doivent évaluer les avantages et inconvénients des changements de la fréquence des évaluations sur les avis en matière de gestion des pêches.

RÉFÉRENCES

- Desgagnés, M. et Savard, L. 2012. [Modèle de simulation de stratégies de récolte applicable à la crevette nordique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/101. ii + 52 p.
- Drouineau, H., Savard, L., Desgagnés, M., et Duplisea, D. 2012. SPAM (Sex-structured Pandalus Assessment Model): a stock assessment model for Pandalus stocks. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 69:770-783.
- MPO 2011. [Points de référence conformes à l'approche de précaution pour la crevette nordique de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/062.
- MPO 2012. [Évaluation des stocks de crevette de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 2011](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/006.
- Savard, L. 2011. [Captures, effort et captures par unité d'effort de la pêche commerciale à la crevette nordique de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent entre 1982 et 2010](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2011/032. iv + 49 p.
- Savard, L. 2012. [Indicateurs de l'état des stocks et points de référence conformes à une approche de précaution pour la crevette nordique du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/006. ii + 29 p.
- Savard, L. et Bourdages, H. 2011. [Mise à jour de l'estimation de biomasse et d'abondance de la crevette nordique \(*Pandalus borealis*\) à partir du relevé de chalutage dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent en 2010](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2011/043. iv + 30 p.

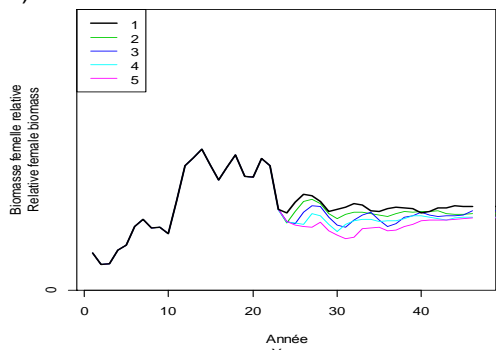
TABLEAU

Tableau 1. Paramètres du modèle.

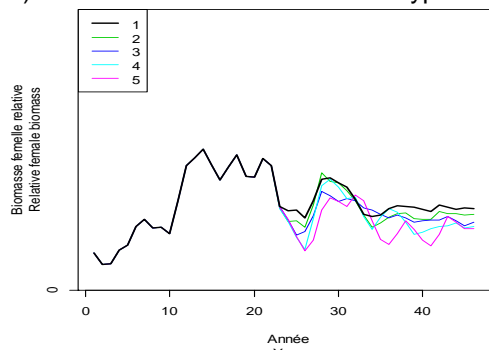
Paramètre	Valeur	Source
<i>Mortalité naturel</i>		
Année 1 to 5	0.8	Fixé
Année 6+	0.5	Fixé
<i>Fécondité</i>		
a_f	0.05194	Observations
b_f	3.13891	Observations
<i>Croissance</i>		
K	0.377	Analyse modale
L_{inf}	25.99	Analyse modale
t_0	0.0997	Analyse modale
<i>Taille par stade</i>		
L	0	Fixé
m1	10.68	Analyse modale
m2	15.49	Analyse modale
m3	18.74	Analyse modale
m4	20.95	Analyse modale
f1	25.18	Observations
f2	25.95	Observations
<i>Relation poids-longueur</i>		
a_p	0.000735	Observations
b_p	2.92	Observations
<i>Changement de sexe</i>		
$L50_{sexe}$	17.8	Drouineau et al. (2012)
SR_{sexe}	3.82	Drouineau et al. (2012)
<i>Capturabilité</i>		
q_{rel}	1	Fixé
q_{comm}	3.94e-08	Modèle
<i>Sélectivité des chaluts commerciaux</i>		
$L50_{comm}$	19.8	Drouineau et al. (2012)
$SR_{comm.}$	3.80	Drouineau et al. (2012)
<i>Sélectivité du relevé</i>		
$L50_{rel}$	17.94	Modèle
SR_{rel}	3.12	Drouineau et al. (2012)
<i>Coefficient de variation de l'indice d'abondance</i>		
CV	0.05	Fixé
<i>Effectifs de la première année</i>		
l	1.12e10	Observations
m1	1.56e10	Observations
m2	1.94e9	Observations
m3	1.15e4	Observations
m4	2.20e9	Observations
f1	9.59e8	Observations
f2	7.73e8	Observations

FIGURES

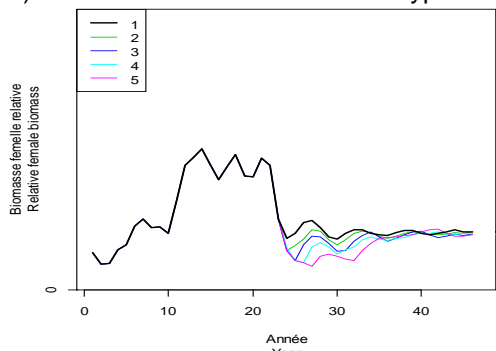
A) Cas de base



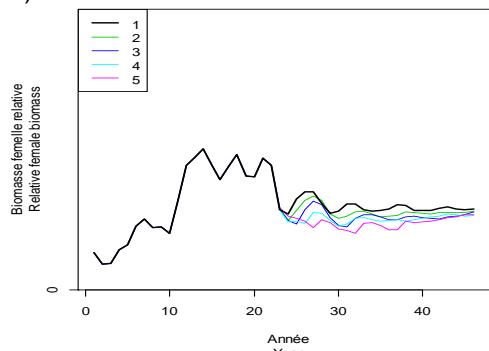
B) Relation stock-recrutement de type Sella-Lorda



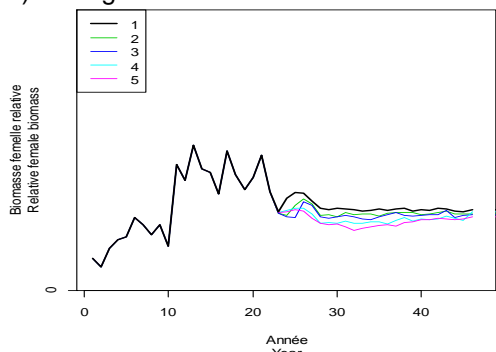
C) Relation stock-recrutement de type Ricker



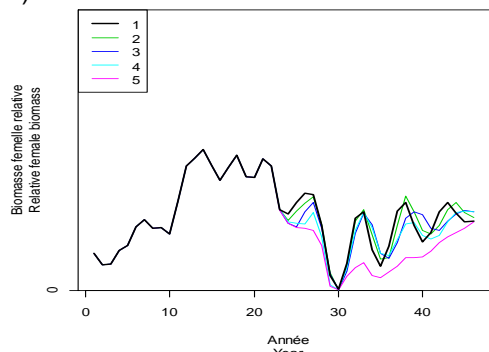
D) Sous-estimation de l'erreur d'observation



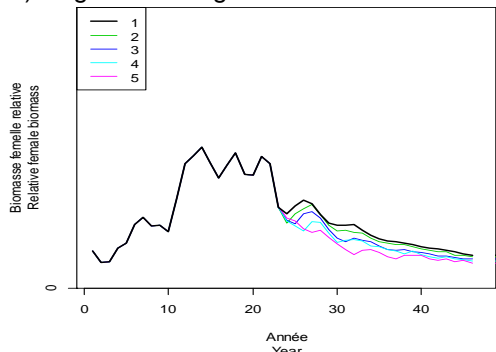
E) Changement de sexe tardif



F) Mauvais recrutement entre les années 25 et 27



G) Augmentation graduelle de la mortalité naturelle



Légende :

Périodes du TAC constant

- 1 : 1 an
- 2 : 2 ans
- 3 : 3 ans
- 4 : 4 ans
- 5 : 5 ans

Figure 1 : Résultats de la simulation de la règle de prélèvement (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) : ajustement de la biomasse femelle du modèle aux données du relevé pour les années 1 à 21 et projections sur 25 ans (années 22 à 46), selon sept scénarios de l'analyse de sensibilité. Les lignes représentent la médiane des 1 001 projections.

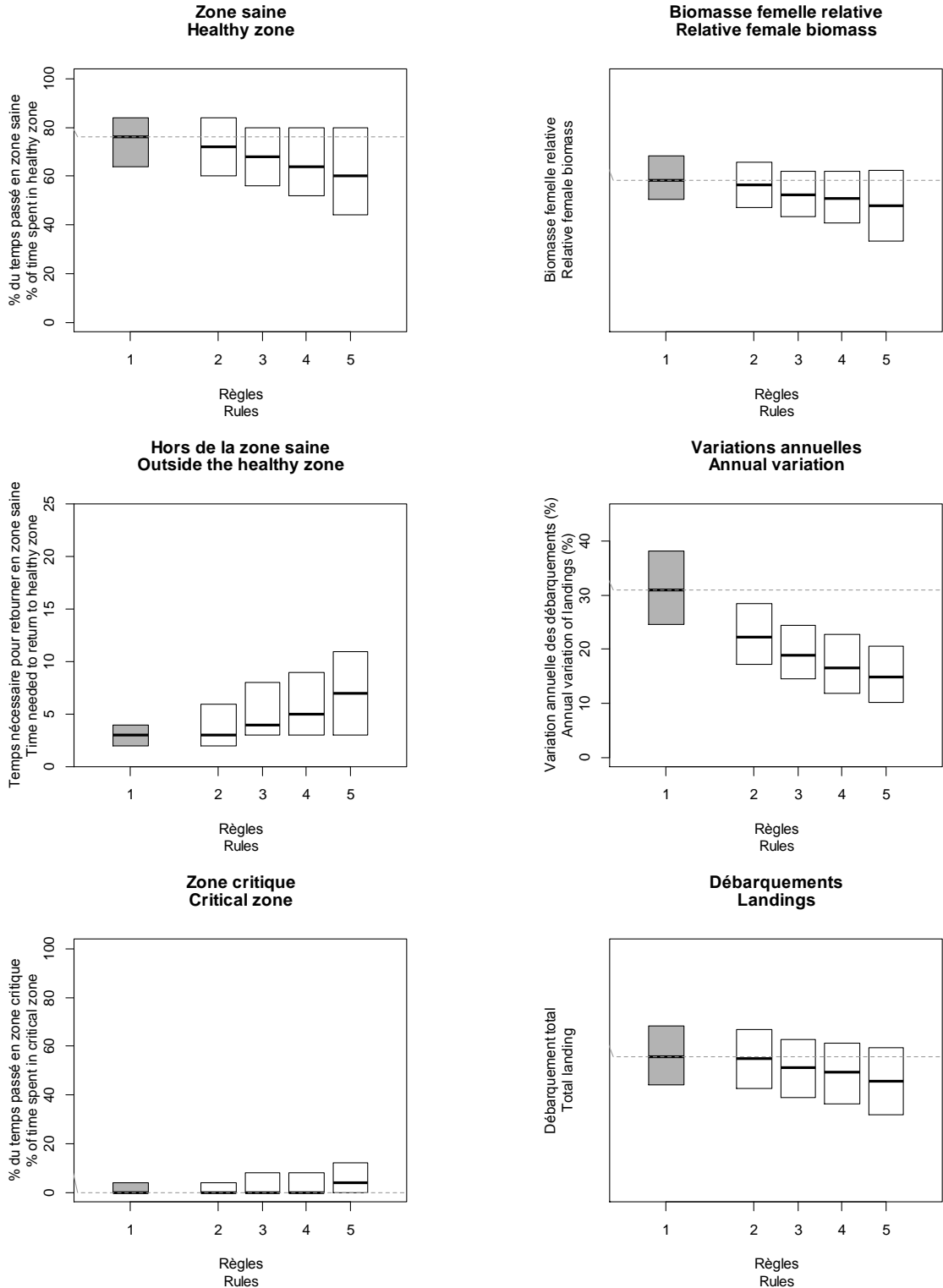


Figure 2 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario de base.

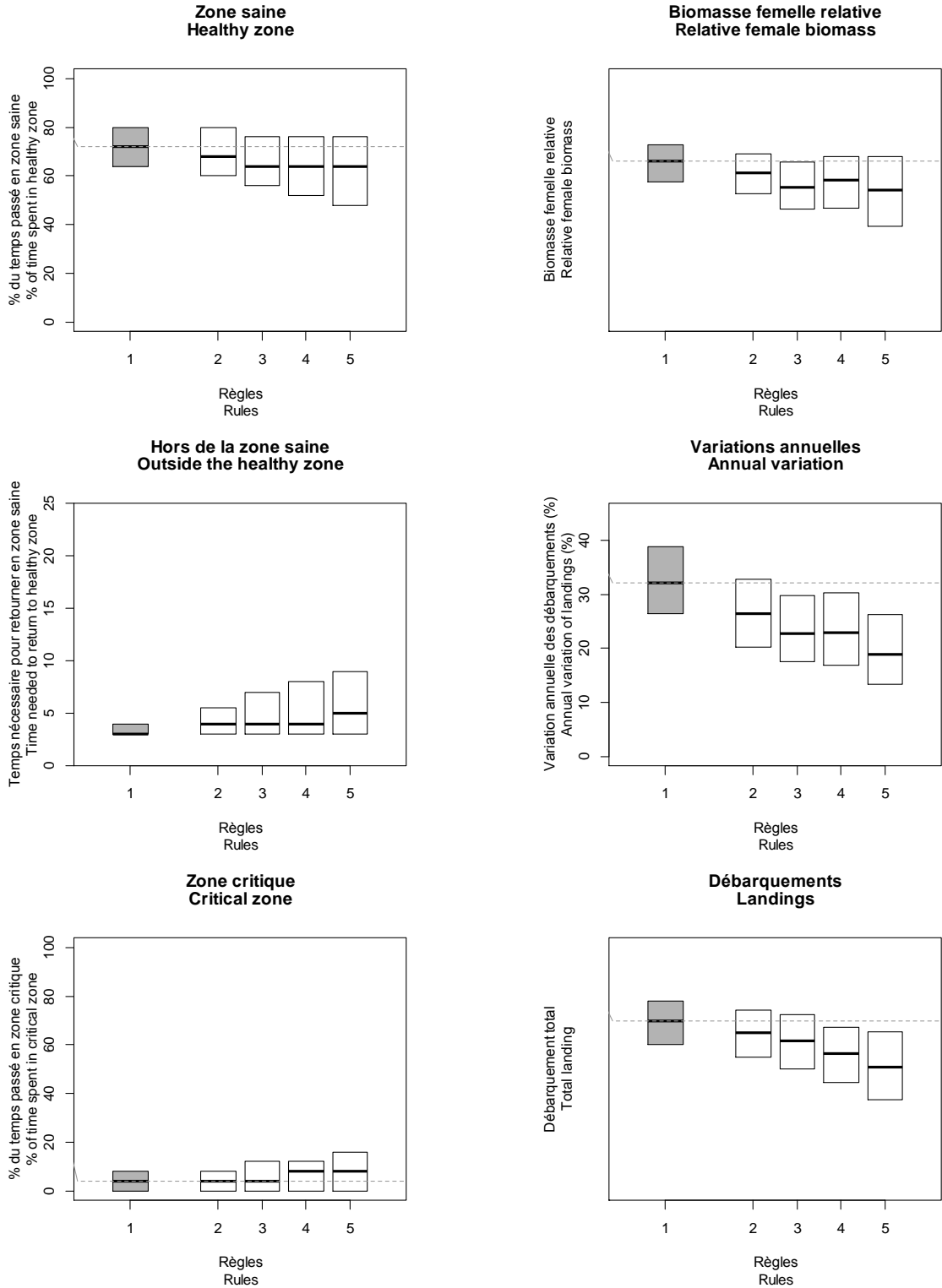


Figure 3 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario d'une relation stock-recrutement de type Salla-Lorda.

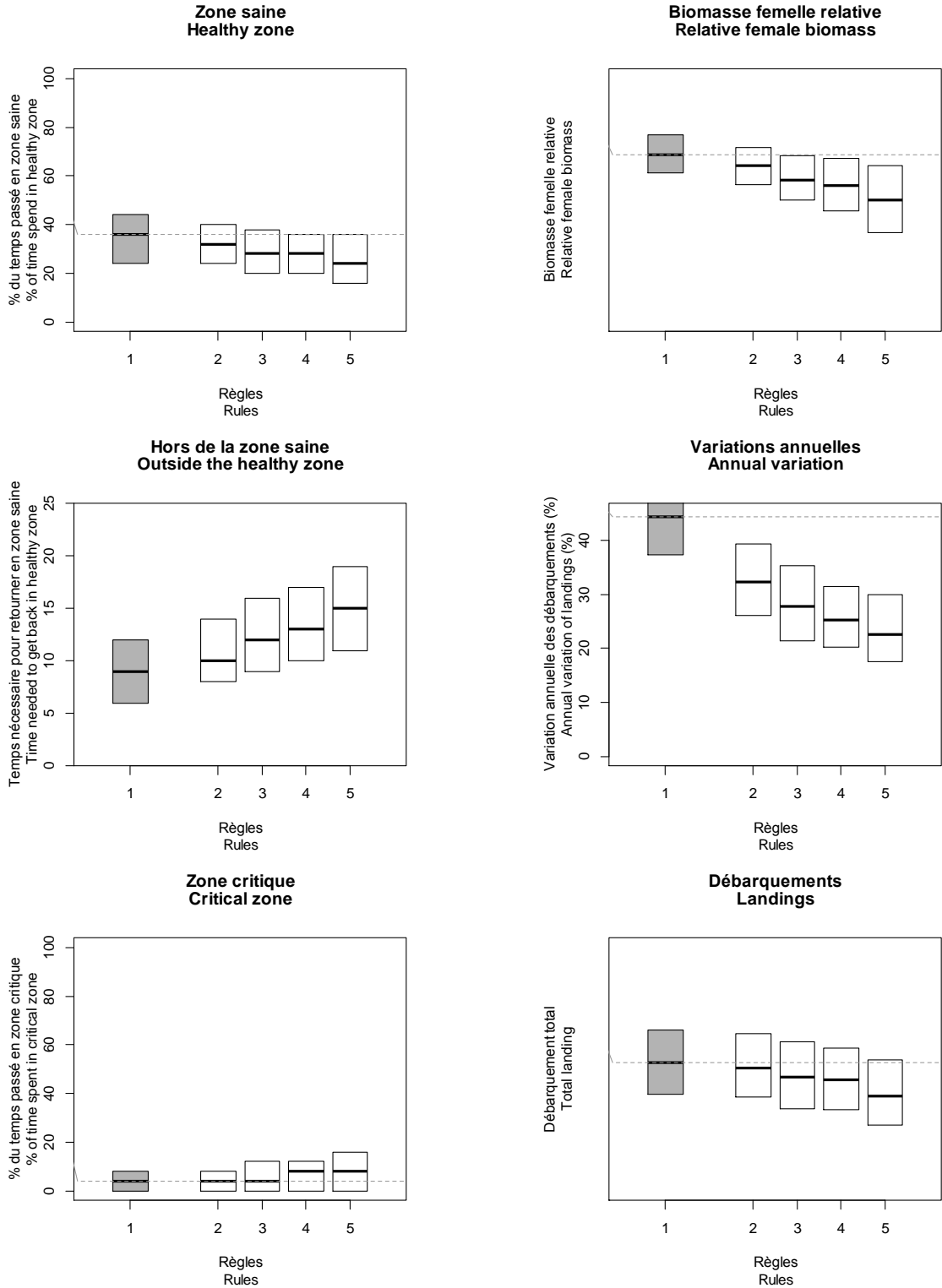


Figure 4 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario d'une relation stock-recrutement de type Ricker.

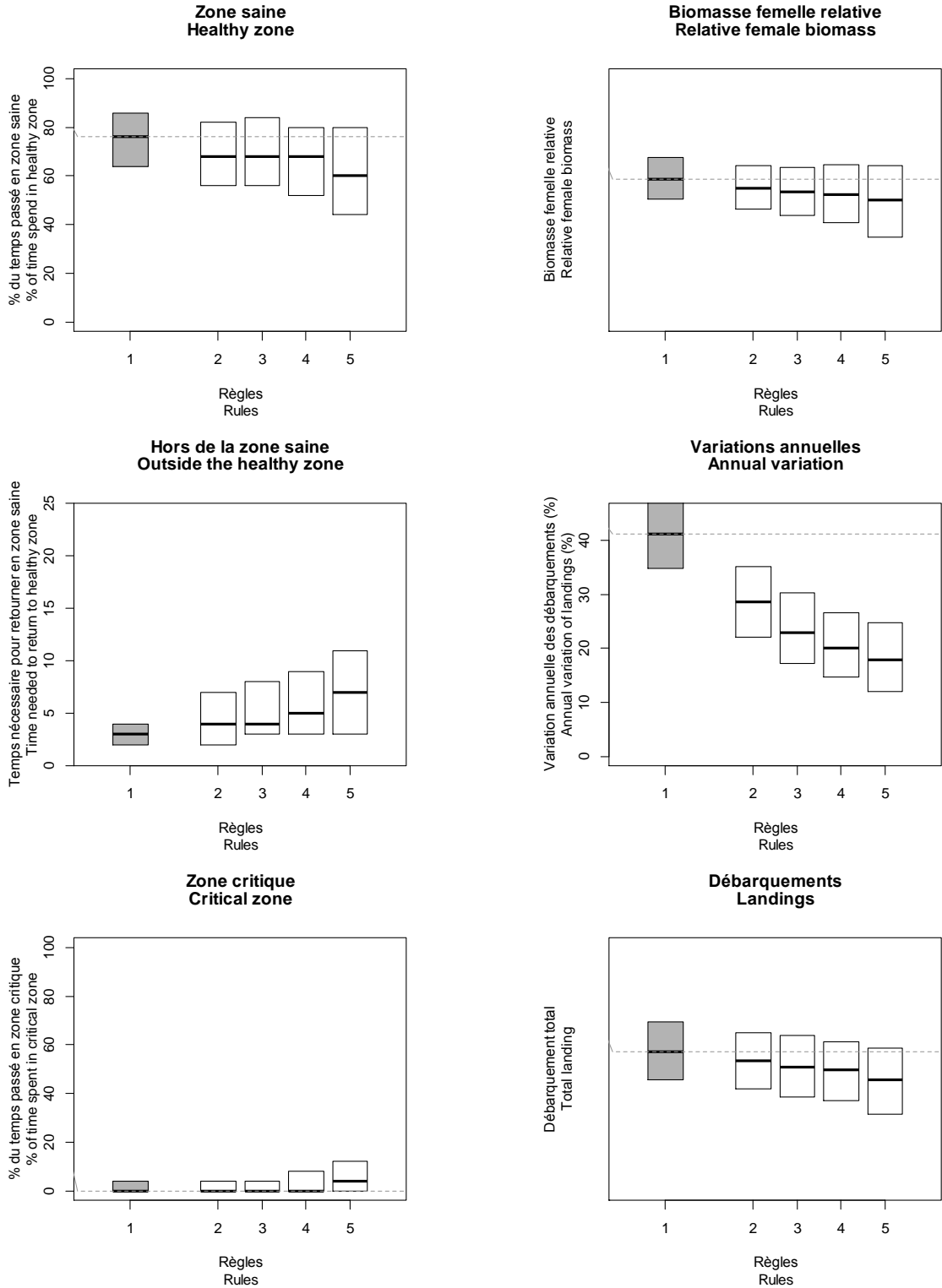


Figure 5 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario d'une sous-estimation de l'erreur d'observation.

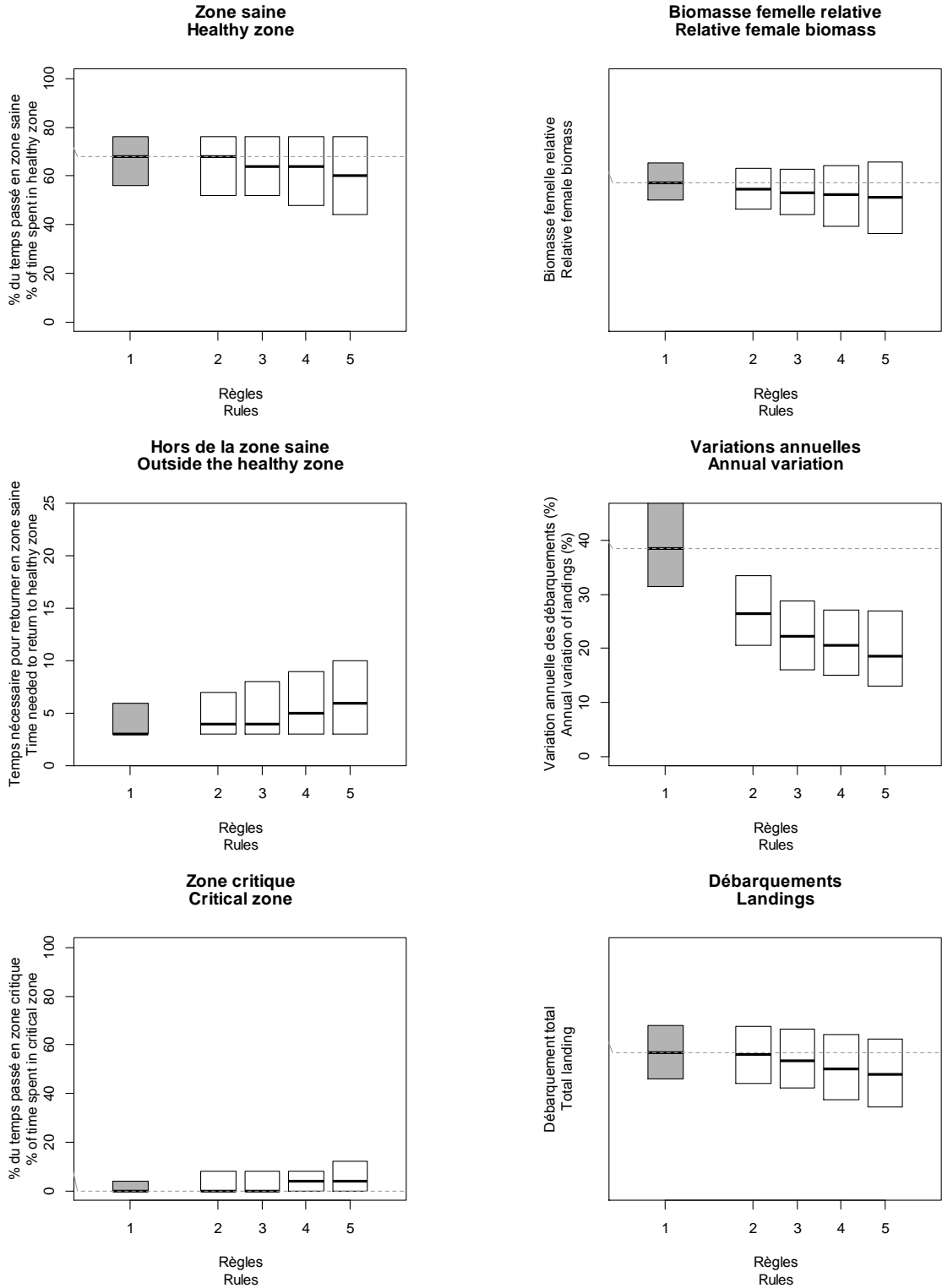


Figure 6 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario d'un changement de sexe tardif.

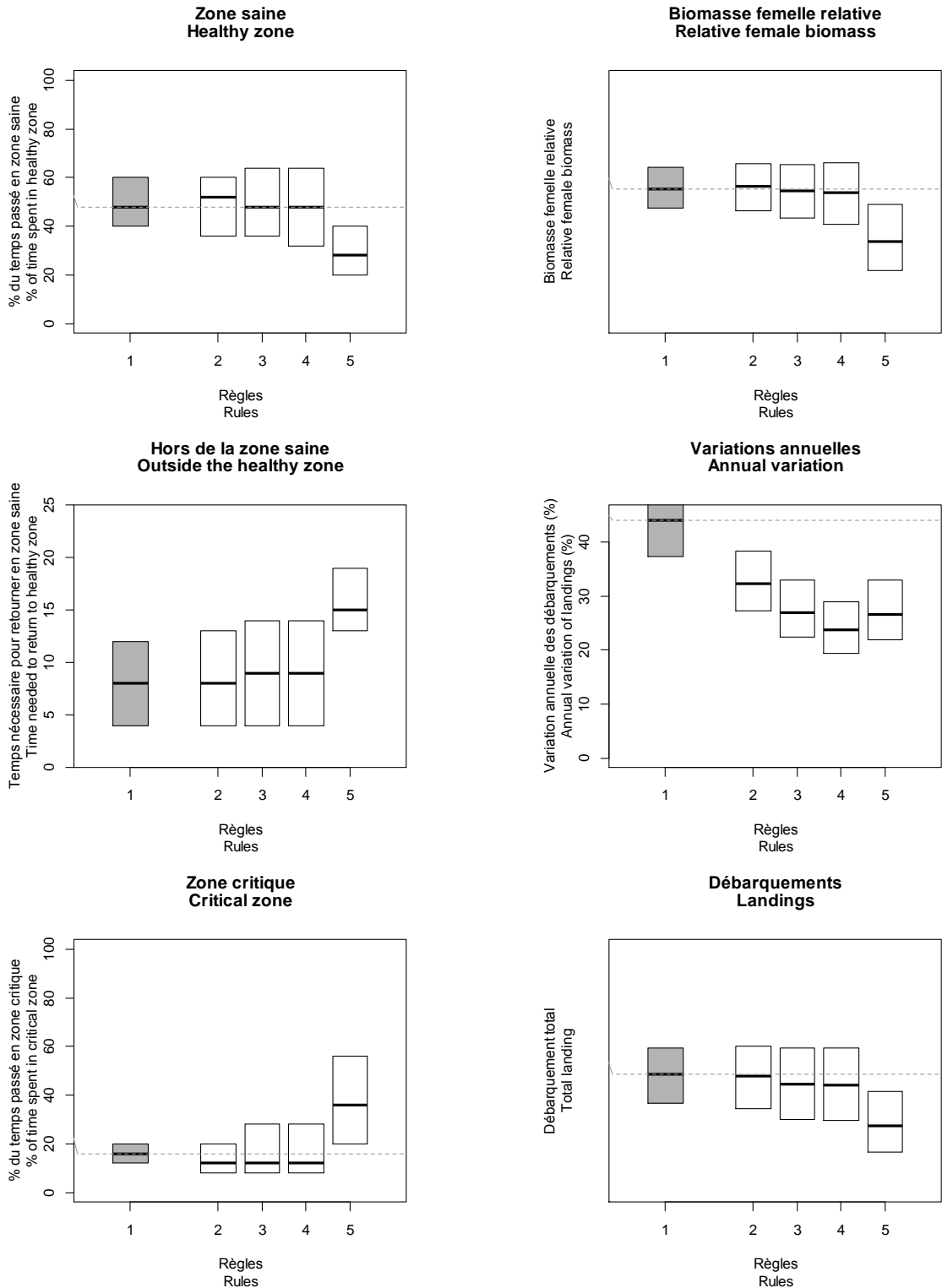


Figure 7 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario de l'imposition d'une série de mauvais recrutements.

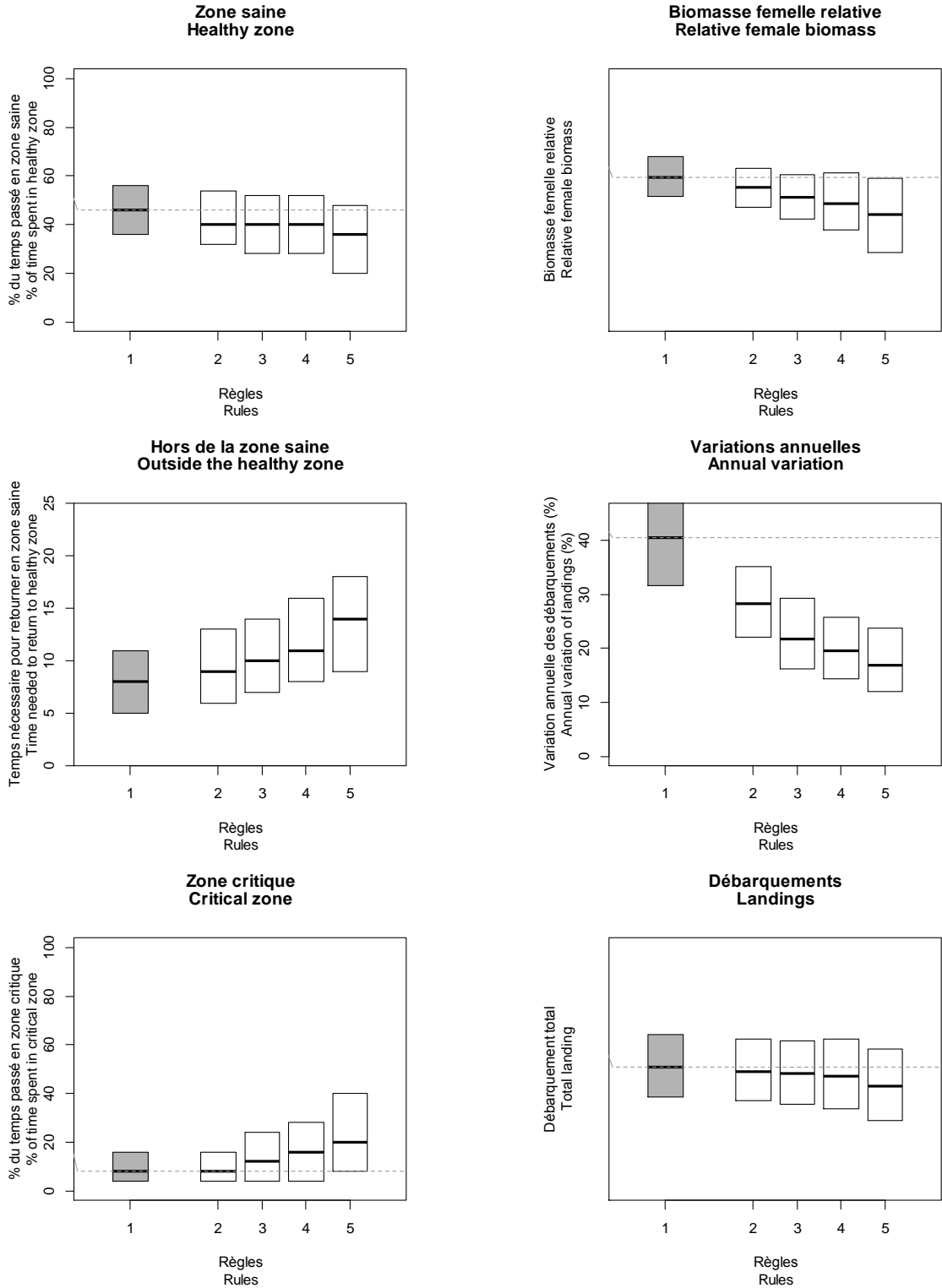


Figure 8 : Indicateurs de performance des règles de décision du TAC (TAC constant pour des périodes de 1 à 5 ans) simulées sous le scénario d'une augmentation graduelle de la mortalité naturelle.