

# Évaluation de la Stratégie de Gestion

## pour l'espadon de la CTOI

8<sup>ème</sup> Session du CTPG de la CTOI – 10 et 11 mai 2024

Thomas Brunel<sup>1</sup> et Iago Mosqueira<sup>1</sup>

### Résumé exécutif

- Ce document présente les conclusions de l'ESG de l'espadon de l'océan Indien, dans le cadre de laquelle trois Procédures de Gestion (PG) différentes ont été testées par simulation.
- Le modèle opérationnel (MO) utilisé dans ces simulations a été développé ces quatre dernières années et a été approuvé par le Comité Scientifique de la CTOI. Le MO se base sur l'évaluation du GTPP de 2020 et couvrait la dynamique du stock d'espadon jusqu'en 2018. Ce MO a été actualisé jusqu'en 2023, en projetant le stock vers l'avant en se fondant sur les estimations des captures de la CTOI pour la période 2019 à 2022 et en partant du principe que la mortalité par pêche en 2023 se situe au niveau de 2022. Une comparaison du MO avec la nouvelle évaluation du stock d'espadon de 2023 montre que le MO est toujours approprié pour décrire la dynamique du stock d'espadon de l'océan Indien et son état actuel.
- Les PG testées sont de deux types : basées sur un modèle (en utilisant un modèle de production excédentaire combiné à une règle de contrôle de l'exploitation) et basées sur des données (basées sur la tendance et la valeur récentes d'un indice de PUE). Deux versions de la PG basée sur des données ont été analysées, l'un réagissant plus rapidement aux changements de l'indice de PUE que l'autre.
- La configuration appropriée de ces PG a été obtenue par calibrage (c.-à-d. en définissant les paramètres des PG qui atteignent un certain objectif de gestion en moyenne) pour un ensemble d'objectifs de gestion au cours des 11 à 15 prochaines années.
- Des tests de robustesse ont été menés pour étudier comment la performance des PG est affectée dans les cas où i) les captures dépassent le TAC, ii) les TAC sont mis en œuvre deux ans après l'avis, plutôt qu'un an dans le cas de base et iii) un échec du recrutement se produit.

---

<sup>1</sup> Wageningen Marine Research, Haringkade 1, Postbus 68, 1976CP, IJmuiden, The Netherlands.  
[thomas.brunel@wur.nl](mailto:thomas.brunel@wur.nl) ; [iago.mosqueira@wur.nl](mailto:iago.mosqueira@wur.nl)

- Ce document présente la performance des PG calibrées. Les différents types de PG maintiennent le stock dans des limites biologiques sûres. Les PG basées sur un modèle obtiennent des captures très stables avec une faible incertitude associée, tandis que les PG basées sur des données obtiennent des niveaux de captures plus élevés mais plus incertains avec de plus fortes variations interannuelles.
- Les PG semblent robustes aux deux scénarios de dépassement du TAC testés, avec une performance qui n'est affectée que de façon marginale. Les objectifs de gestion (utilisés lors du calibrage des PG) ne sont, toutefois, plus atteints dans l'un des deux scénarios testés. Les PG sont, en outre, robustes face à un décalage de 2 ans entre le calcul de l'avis sur le TAC et la mise en œuvre du TAC (par rapport à 1 an dans le cas de base). Les PG calibrées pour un objectif de gestion plus conservateur obtiennent une plus grande robustesse face à un échec du recrutement, et pour un objectif de gestion donné, la version de la PG basée sur des données à réactivité plus rapide est la plus robuste, tandis que la PG basée sur un modèle est la moins robuste.

## Introduction

La CTOI, à sa 15<sup>ème</sup> Session en 2011, a approuvé le développement d'un processus d'Évaluation de la Stratégie de Gestion (ESG) et, ultérieurement au cours de cette année, le Comité Scientifique a approuvé une feuille de route pour son développement. En outre, une réunion de l'ensemble des ORGP thonières (Kobe III) en 2011 a reconnu qu'il était nécessaire de mettre en œuvre un processus d'ESG, de façon généralisée, au sein des ORGP thonières en concordance avec la mise en œuvre de l'approche de précaution de la gestion des pêches. En 2016, la CTOI a mis en place le Comité Technique sur les Procédures de Gestion (CTPG) précisément pour « renforcer la réponse de prise de décisions de la Commission en ce qui concerne les procédures de gestion ».

Le processus d'ESG pour l'espadon dure depuis 2019. Le développement du cadre de simulation a été essentiellement réalisé par la Wageningen Marine Research (financé par la FAO) avec des présentations régulières au Groupe de Travail sur les Méthodes de la CTOI et notamment à la Task force sur l'ESG. Les commentaires et avis techniques de ce groupe ont largement orienté le développement de ces travaux. Le développement de ces travaux a également été régulièrement présenté au CTPG et les travaux nécessaires pour répondre aux demandes du CTPG ont également été effectués (pour la plupart).

Le présent document décrit la structure et les concepts de base de l'ESG de l'espadon et résume les résultats de l'évaluation de six PG. L'objectif est d'apporter des connaissances suffisantes pour faciliter les processus de prise de décisions de la Commission en ce qui concerne l'adoption d'une PG au sein de la CTOI.

## Cadre d'ESG

### Modèle opérationnel

La base du MO actuel pour l'espadon a été présentée au CTPG ainsi qu'au Groupe de Travail sur les Poissons Porte-épée et au Groupe de Travail sur les Méthodes. Le document de travail présenté au

CTPG (CTOI 2023) incluait une révision de la grille du MO qui réduisait le nombre de facteurs pris en compte, en identifiant ceux n'ayant que peu d'impact sur l'état du stock initial et la productivité dans le MO. Cela a donné lieu à une nouvelle grille contenant 648 combinaisons, dont 175 ont été sélectionnées par l'optimisation du plan factoriel (contre 2 592 et 108, respectivement, pour le MO antérieur). L'évaluation du stock SS3 a été exécutée pour ces 175 combinaisons de paramètres et 130 scénarios ont finalement été considérés acceptables (sur la base de la convergence du modèle, de la capacité de prédiction de l'indice de biomasse et de la crédibilité des estimations de  $B_0$ ) et utilisés comme base pour le MO (contre 67 pour le MO original).

Le MO est fondé sur les scénarios de SS3 basés sur les données utilisées pour l'évaluation du stock de 2020 pour le stock d'espadon de l'océan Indien qui couvrait le développement du stock jusqu'en 2018. Afin de réaliser les simulations commençant avec un état du stock aussi proche que possible de l'état actuel, le MO a été projeté vers l'avant sur les années 2019-2023 en utilisant les estimations de captures de la CTOI pour les années 2019 à 2022 et en supposant le maintien du statu quo pour la mortalité par pêche pour 2023 ( $F_{2023}=F_{2022}$ ).

Une évaluation SS3 actualisée a été présentée au GTPP de 2023. Elle se compose d'un ensemble de 47 scénarios de modèles SS3 couvrant une grille de paramètres d'entrée pour la principale incertitude liée aux hypothèses sur les options de configuration des PUE, la pente du stock-recrutement, les écarts du recrutement, la croissance et les tailles effectives des échantillons des données de composition par tailles. Les facteurs et niveaux inclus sont similaires à ceux utilisés pour élaborer la grille d'incertitude du MO de l'espadon.

La distribution des paramètres de la dynamique de la population issue de l'évaluation actualisée est plus étroite et se situe généralement dans la distribution des paramètres du MO. De même, l'état du stock historique issu de l'évaluation de 2023 s'inscrit dans l'enveloppe du MO (figure 1). La distribution de la  $SB/SB_{PME}$  et de la  $F/F_{PME}$  issue de l'évaluation dans sa dernière année, 2021, se situe à l'intérieur du MO.

Par définition, on étudie des sources d'incertitude plus nombreuses lors de l'élaboration d'un MO pour une ESG que lors de l'assemblage des scénarios des modèles pour une évaluation du stock. Dans le cas de l'espadon, la grille d'incertitude structurelle pour le MO inclut 7 paramètres et le MO se base sur 130 scénarios de SS3, tandis que la grille pour l'évaluation étudie 5 paramètres donnant lieu à 48 combinaisons. Cela explique l'enveloppe de distribution plus large pour le MO à la figure 1.

Dans l'ensemble, la nouvelle évaluation de 2023 ne change pas fondamentalement la perception de la dynamique et de l'état actuel du stock, et le MO élaboré sur la base de l'évaluation précédente est toujours considéré approprié pour décrire l'état du stock actuel et son incertitude associée, ainsi que l'incertitude entourant les paramètres de la dynamique du stock.

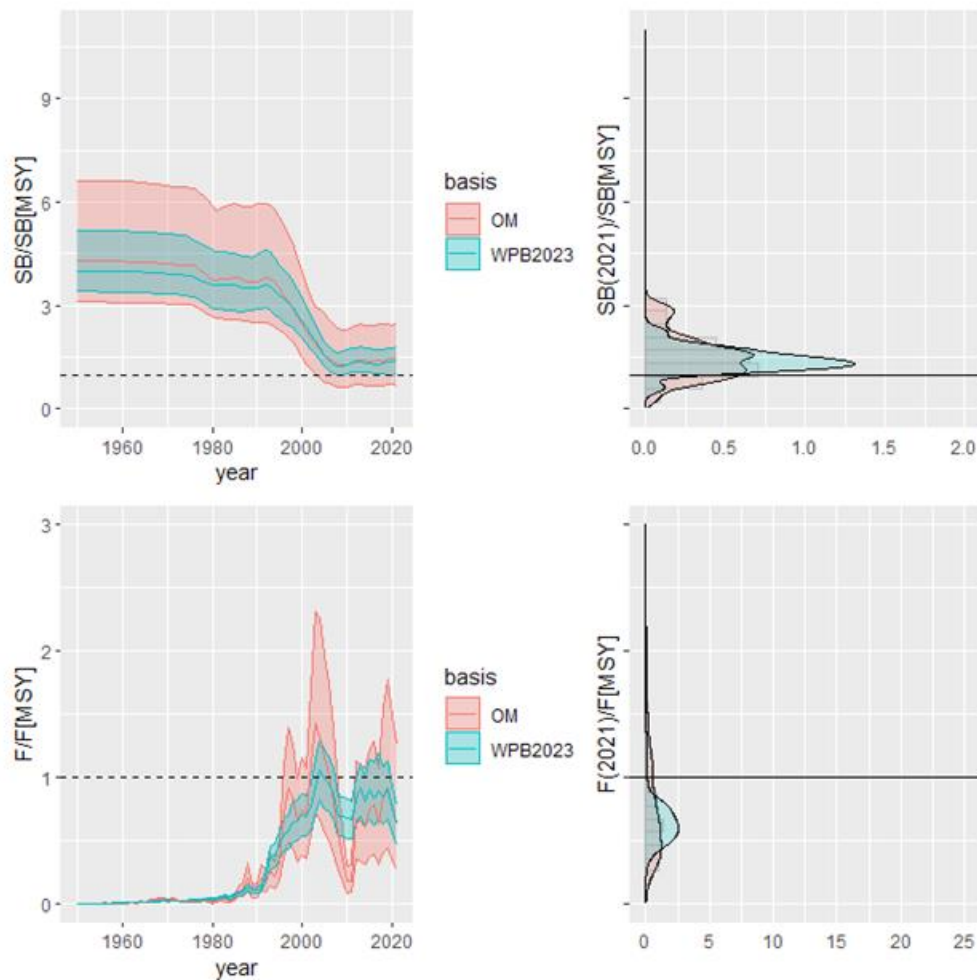


Figure 1 : Développement historique du stock d'espadon (à gauche) et état du stock en 2021 (à droite) dans le Modèle Opérationnel développé pour l'ESG (en rouge) et dans l'évaluation du stock d'espadon du GTPP de 2023 (en bleu).

## Procédures de Gestion

### PG basées sur un modèle

Les PG basées sur un modèle (Figure 3) comportent deux étapes :

- 1) l'ajustement d'un modèle de production excédentaire pour estimer le taux d'épuisement actuel et
- 2) l'application d'une règle de contrôle de l'exploitation (HCR) aux estimations de l'épuisement actuel produites par le modèle. La forme de la HCR (en crocse de hockey) est définie par trois paramètres de contrôle :
  - CP1 : niveau minimum du stock au-dessous duquel aucune pêche (ou le moins possible) ne doit avoir lieu,
  - CP2 : niveau de déclenchement du stock au-dessous duquel l'avis sur les captures doit être diminué proportionnellement à l'épuisement actuel,
  - CP3 : prise maximale qui peut être effectuée lorsque le stock est estimé être au-dessus du niveau de déclenchement.

Le modèle de production excédentaire JABBA a été ajusté à la série temporelle de captures totales et aux indices de PUE de la palangre japonaise et de la palangre taïwanaise. Il fournit des estimations du taux d'épuisement, calculé comme  $SB/SB_0$  ( $SB_0$ =biomasse vierge), dans la dernière année de la période d'évaluation. Les taux d'épuisement limite et de déclenchement ont été fixés à  $CP1 = 0,1$  et  $CP2 = 0,4$ . La capture maximale,  $CP3$ , a été obtenue en calibrant la PG pour atteindre des objectifs de gestion particuliers.

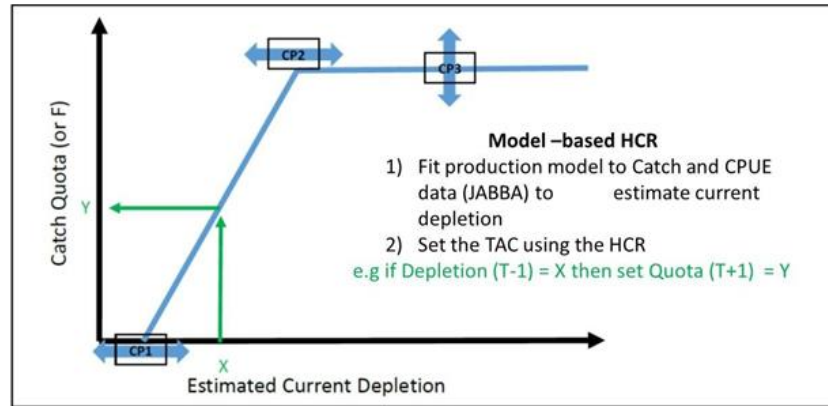


Figure 2. Règles de contrôle de l'exploitation utilisées dans les PG basées sur un modèle

### PG basées sur des données

Les PG basées sur des données tentent de gérer la pêcherie pour atteindre une valeur cible des taux de captures sur une série de PUE choisie. Le TAC suivant est accru par rapport au TAC actuel si la PUE actuelle se situe au-dessus de la PUE cible et si la tendance de la PUE est à la hausse. À l'inverse, le TAC suivant est réduit par rapport au TAC actuel si la PUE actuelle se situe en-deçà de la PUE cible et si la tendance de la PUE est à la baisse. Si la position de la PUE par rapport à la cible et la pente de la PUE sont dans des directions opposées, le changement de TAC pourrait être dans l'une ou l'autre direction, selon l'ampleur de ces indicateurs et les paramètres de contrôle associés. Officiellement, le futur TAC est calculé comme une partie,  $TAC_{mult}$ , du TAC actuel, ce qui est défini comme suit :

$$TAC_{mult} = 1 + k_a Sl + k_b D$$

avec

$$k_a = k_1 \text{ if } Sl > 0 \vee k_a = k_2 \text{ if } Sl \leq 0$$

et

$$k_b = k_3 \text{ if } D > 0 \vee k_b = k_4 \text{ if } D \leq 0$$

où  $Sl$  est la pente de la PUE logarithmique sur les 5 dernières années,  $D$  est la différence entre la valeur de la PUE récente (moyenne sur les 3 dernières années) et la valeur de la PUE cible, et  $k_a$  et  $k_b$  sont les paramètres de la pondération relative attribuée aux deux quantités précédentes (Figure 4), contrôlant la réactivité de la PG. Les paramètres de contrôle comprennent :  $CP1$  et  $2$ ) la réactivité à la pente de la PUE ( $k_1$  et  $k_2$ ),  $CP3$  et  $4$ ) la réactivité à l'écart par rapport à la PUE cible ( $k_3$  et  $k_4$ ) et  $CP5$ ) la valeur de la PUE cible.

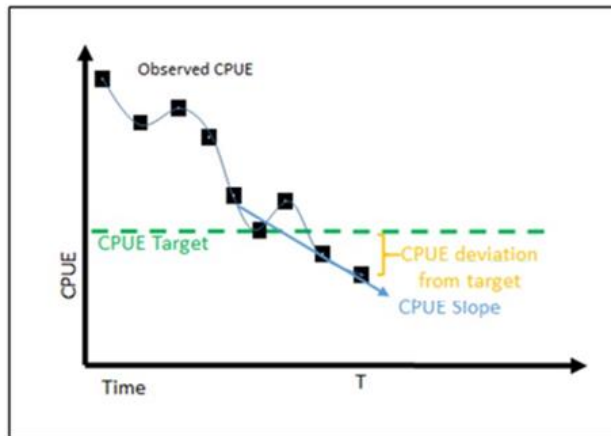


Figure 3 : La règle de la PUE se base sur la pente récente de l'indice de PUE et la distance jusqu'à la valeur de l'indice cible.

L'indice de PUE utilisé pour cette règle était l'indice de PUE de la palangre japonaise. Les paramètres de contrôle définissant la réactivité de la PG à la distance actuelle par rapport à la PUE cible ainsi qu'à la pente de la PUE sur les dernières années ont tous été définis.

En se fondant sur les analyses présentées au CTPG (CTOI, 2023), il a été démontré que les objectifs de gestion pourraient être atteints pour une gamme de combinaisons de valeurs de  $k$  ( $k_1$ -4), correspondant à un ensemble de PG réagissant plus ou moins rapidement aux changements de l'indice de PUE d'une année sur l'autre. Le choix de ces valeurs de  $k$  avait un impact sur les différentes mesures de performance des PG autres que les critères de calibrage (par ex. variabilité des captures). Afin de proposer deux options de PG basées sur des données contrastantes, deux mises en œuvre des PG basées sur des données sont proposées, ayant respectivement des paramètres de réactivités bas ( $k_1$  et  $k_2 = 0,1$  et  $k_3$  et  $k_4 = 0,3$ ) et élevés ( $k_1$  et  $k_2 = 2,1$  et  $k_3$  et  $k_4 = 1,2$ ). Elles sont appelées PG basées sur des données à réactivité lente et rapide.

Les PG ont été calibrées pour estimer la valeur de la PUE cible pour chacun des mêmes objectifs de gestion que pour les PG basées sur un modèle

### Mise en œuvre des PG

Toutes les PG ont été mises en œuvre en utilisant une différence temporelle de deux ans entre la dernière année pour laquelle des informations sur le stock sont disponibles et l'année où le TAC est mis en œuvre (décalage dans les données de 1 an et décalage de gestion de 1 an). Par exemple, dans la première année de la simulation (2023), les informations disponibles sur le stock jusqu'en 2022 sont étudiées pour établir le TAC pour 2024. En outre, un mécanisme d'avis triennal est appliqué (le TAC fixé pour 2024 s'applique également en 2025 et 2026).

Toutes les PG ont été exécutées avec des limites de changement du TAC, selon lesquelles le TAC ne peut pas être accru de plus de 15% ou réduit de plus de 10%.

## Objectifs de gestion

Les objectifs de gestion sont ceux fixés par le CTPG en 2023 et ont été utilisés pour calibrer les PG:

- Probabilité de 60% que la mortalité par pêche soit inférieure à  $F_{PME}$  (pas de surpêche) et que la biomasse soit supérieure à  $B_{PME}$  (pas surexploité) (c.-à-d. se situer dans la zone verte de Kobe) d'ici 2034-2038.
- Probabilité de 70% que la mortalité par pêche soit inférieure à  $F_{PME}$  (pas de surpêche) et que la biomasse soit supérieure à  $B_{PME}$  (pas surexploité) (c.-à-d. se situer dans la zone verte de Kobe) d'ici 2034-2038.

La performance des PG calibrées pour chacun de ces deux objectifs est présentée dans ce rapport et la Commission devra choisir lequel de ces deux objectifs de calibrage elle souhaite utiliser.

## Liste des scénarios

En se fondant sur les demandes de la réunion du CTPG de février 2024, la liste des scénarios suivante a été définie.

### **PG calibrées**

Les PG pour lesquelles un calibrage devrait être réalisé couvrent les deux types de PG : PG basées sur un modèle et PG basées sur des données (à réactivité lente et à réactivité rapide). Le Tableau 1 présente la liste des PG calibrées.

Tableau 1 : Liste des PG calibrées pour l'espadon de l'océan Indien

Nom de la PG	Descripteur	Type de PG	Objectif de calibrage P(vert)=	Stabilisateur du TAC (max à la hausse- max à la baisse)
MP1	CPUE_Fast_60%_15-10	Basée sur des données à réactivité plus rapide	60%	15-10
MP2	CPUE_Fast_70%_15-10	Basée sur des données à réactivité plus rapide	70%	15-10
MP3	CPUE_Slow_60%_15-10	Basée sur des données à réactivité plus lente	60%	15-10
MP4	CPUE_Slow_70%_15-10	Basée sur des données à réactivité plus lente	70%	15-10
MP5	Modelbased_60%_15-10	Basée sur un modèle	60%	15-10
MP6	Modelbased_70%_15-10	Basée sur un modèle	70%	15-10

### Tests de robustesse

L'objectif des tests de robustesse est de voir comment les PG réagissent en présence d'événements qui n'avaient pas été pris en considération dans les scénarios du cas de bas utilisés lors du calibrage des PG. L'objectif est de voir les effets sur le TAC établi par les PG et les conséquences pour la biomasse du stock.

- Erreur de mise en œuvre

Des scénarios supplémentaires ont été demandés en vue de tester la robustesse des PG calibrées sur des captures réalisées qui sont plus élevées que les TAC générés par la PG. Deux scénarios sont à l'étude :

- des captures dépassant le TAC de 10% (taux fixe) sur l'ensemble d'une période de simulation.
- des captures dépassant le TAC de 15% pour le premier cycle de gestion (2024-2026) puis un respect total du TAC.

- Décalage de gestion

Les PG ont été calibrées en partant du principe que le TAC serait mis en œuvre l'année suivant son calcul (décalage de gestion de 1 an). Dans la pratique, il pourrait être requis d'ajouter une deuxième année de décalage pour que l'avis scientifique soit étudié par la Commission avant sa mise en œuvre l'année suivante. Les PG ont donc été exécutées une nouvelle fois avec un décalage de gestion de 2 ans et leur performance a été comparée aux scénarios du cas de base.

- Échec du recrutement

Afin d'étudier la performance des différentes PG calibrées en termes de protection du stock en cas d'événement défavorable, un test de robustesse a été réalisé dans le cadre duquel un échec du recrutement a été simulé au début de la période de projection. Une série de faibles recrutements a été imposée en fixant tous les écarts par rapport au modèle stock-recrutement à 0,1 pour la période 2024-2026. Ce scénario purement fictif a été choisi en vue de produire une importante réduction



de la taille du stock et ne vise pas à reproduire tout événement observé dans l'historique du stock ou considéré comme susceptible de se produire. Les résultats de ce test devraient être utilisés pour classer les PG mais pas pour accepter ou rejeter des PG.

## Résumé de la performance des PG pour l'espadon

La figure 4 et le tableau 2 présentent des indicateurs de performance détaillés. L'Appendice 1 comporte des diagrammes de performance additionnels, des séries temporelles des trajectoires du stock passées et simulées ainsi que des tableaux récapitulatifs de ces indicateurs sur différentes échelles temporelles.

Nous soulignons les points clés suivants :

- Toutes les PG calibrées donnent lieu à des niveaux similaires de biomasse reproductrice (pour un objectif de calibrage donné). Les PG basées sur un modèle donnent lieu à une distribution plus large des valeurs dans les répliques de la simulation. Les PG basées sur des données à réactivité lente donnent également lieu à des distributions un peu plus larges que celles à réactivité rapide mais les différences sont globalement minimales.
- Pour toutes les PG calibrées, la probabilité que le stock demeure au-dessus de  $SB_{lim}$  est très élevée (valeurs moyennes supérieures à 99%).
- Les PG basées sur des données donnent lieu à des valeurs du TAC moyen plus élevées dans la période 2024-2038 (fin de la période de calibrage) que les PG basées sur un modèle, mais la différence est minime.
- Le futur TAC est plus incertain avec les PG basées sur des données qu'avec les PG basées sur un modèle. De plus, les PG basées sur des données à réactivité rapide donnent lieu à une plus grande incertitude quant au futur TAC que les PG à réactivité lente. En ce qui concerne les PG basées sur un modèle, le TAC est uniforme dans les itérations (pas d'incertitude quant aux valeurs futures), reflétant le fait qu'il est la plupart du temps égal au plateau de la règle de contrôle de l'exploitation en crose de hockey.
- Le TAC à court terme (2024-2027) est plus élevé pour les PG basées sur un modèle, avec une distribution des valeurs plus étroite également. Le TAC à court terme avec la PG basée sur des données à réactivité rapide est plus incertain que pour celle à réactivité lente.
- La variabilité d'une année sur l'autre des futurs TAC est très faible pour les PG basées sur un modèle. En ce qui concerne les PG basées sur des données, les PG à réactivité lente (MP3-4) ont un TAC moins variable que les PG à réactivité rapide.
- Le choix des critères de calibrage a plus d'impact que le choix du type de PG pour ce qui concerne la taille du stock et la valeur du TAC moyen (stock plus large et TAC plus faible lors du calibrage sur la probabilité de 70% de se situer dans le quadrant vert de Kobe). Les critères de calibrage ont moins d'impact sur la variabilité du TAC que le choix du type de PG.

Le principal compromis (Figure A1-1, appendice 1) entre les PG testées semble être entre le type de PG, avec des captures plus élevées mais une plus forte variation interannuelle (et incertitude globale) pour les PG basées sur des données, et des captures inférieures mais très stables pour les PG basées sur un modèle. Ce même compromis est également rencontré entre les PG basées sur des données à réactivité lente et rapide, mais avec de plus petites différences par rapport au compromis entre les types de PG.

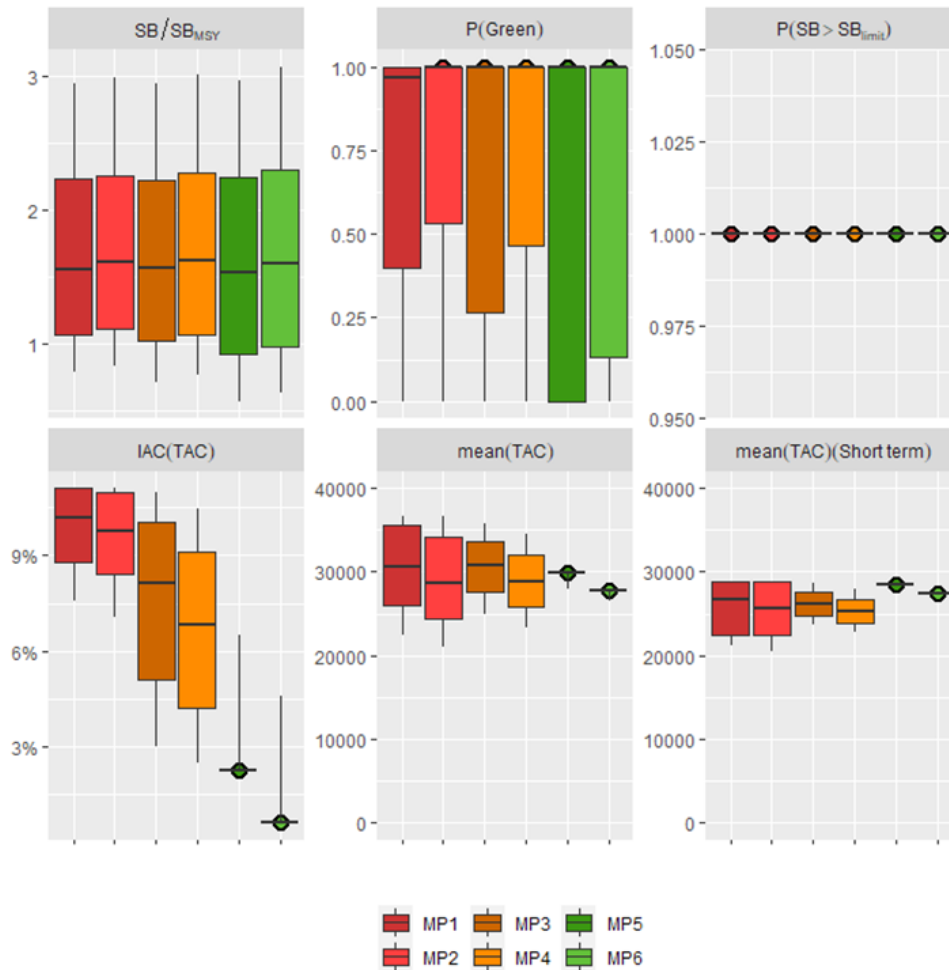


Figure 4. Diagrammes en boîte à moustaches comparant les PG candidates par rapport aux mesures de performance clés (voir la définition au tableau 3) mis à la moyenne sur la période 2024-2038 (sauf pour mean(TAC)ST qui est mis à la moyenne pour 2024-2027). La ligne horizontale est la médiane, les cases représentent les 25<sup>e</sup> - 75<sup>e</sup> centiles, les lignes fines représentent les 10<sup>e</sup> - 90<sup>e</sup> centiles. Les PG basées sur des données sont représentées en rouge (à réactivité rapide) et en orange (à réactivité lente) et les PG basées sur un modèle sont représentées en vert.

Tableau 2 : Résumé de la performance des PG par rapport aux indicateurs de performance clés (médiane dans les répliques du stock, avec les limites de l'enveloppe représentant 80% de la distribution entre parenthèses).

PG	SB/SB <sub>PME</sub>	P(SB>=SB <sub>PME</sub> )	P(SB>SB <sub>LIM</sub> )	P(VERT)	(TAC)MOYEN	C/PME	IAC(TAC)	REDUCTION-MAX TAC	AUGMENTATION MAX TAC	NBR FOIS CHANGEMENTS DE TAC
MP1	1.55 (0.8-3)	1.00 (0.0-1)	1.00 (1.0-1)	0.61 (0.0-1)	30561 (22351-36599)	0.95 (0.7-1)	10.16 (7.5-11)	0.00 (-3179.7-0)	4845.72 (3186.1-6192)	4.00 (4.0-4)
MP2	1.62 (0.8-3)	1.00 (0.0-1)	1.00 (1.0-1)	0.69 (0.0-1)	28642 (21063-36599)	0.90 (0.7-1)	9.75 (7.1-11)	-1479.65 (-3124.4-0)	4609.28 (2882.4-6192)	4.00 (4.0-4)
MP3	1.57 (0.7-3)	1.00 (0.0-1)	1.00 (1.0-1)	0.59 (0.0-1)	30802 (24993-35729)	0.97 (0.7-1)	8.13 (3.0-11)	0.00 (-474.2-0)	4277.95 (1360.0-5865)	4.00 (4.0-4)
MP4	1.62 (0.8-3)	1.00 (0.0-1)	1.00 (1.0-1)	0.70 (0.0-1)	28808 (23277-34506)	0.92 (0.7-1)	6.84 (2.5-10)	0.00 (-913.1-0)	3821.02 (851.6-5491)	4.00 (4.0-4)
MP5	1.54 (0.6-3)	1.00 (0.0-1)	1.00 (1.0-1)	0.62 (0.0-1)	29828 (28012-29828)	0.93 (0.6-1)	2.25 (2.2-7)	0.00 (-3050.0-0)	3358.82 (3358.7-3359)	1.00 (1.0-4)
MP6	1.60 (0.6-3)	1.00 (0.0-1)	1.00 (1.0-1)	0.69 (0.0-1)	27828 (26580-27828)	0.87 (0.6-1)	0.62 (0.6-5)	0.00 (-2720.5-0)	858.84 (858.8-859)	1.00 (1.0-3)

SB/SB<sub>PME</sub> : ratio biomasse reproductrice-biomasse reproductrice correspondant à la PME (moyenne sur 2024-2038)

P(SB>=SB<sub>PME</sub>) : proportion d'années avec une biomasse reproductrice supérieure à la biomasse reproductrice correspondant à la PME (calculé sur 2024-2038)

P(SB>SB<sub>LIM</sub>) : proportion d'années avec une biomasse reproductrice supérieure à la biomasse reproductrice limite (calculé sur 2024-2038)

P(VERT) : proportion d'années où le stock se situe dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (calculé sur la période de calibrage, 2034-2038)

(TAC)MOYEN : TAC moyen en tonnes (moyenne sur 2024-2038)

C/PME : ratio captures annuelles-PME (moyenne sur 2024-2038)

IAC(TAC) : pourcentage de changement entre des TAC successifs (moyenne, calculé tous les 3 ans sur la période 2024-2038)

REDUCTION MAX. DU TAC ET AUGMENTATION MAX. DU TAC: plus fortes augmentations et réductions du TAC (en tonnes, sur la période 2024-2038)

NBRE FOIS CHANGEMENTS DE TAC: nombre de fois où la valeur du TAC change (sur la période 2024-2038, varie entre 0 et 4)

## Tests de robustesse

### - Dépassement du TAC

La performance des PG pour les deux scénarios où les captures dépassant le TAC peut être comparée au tableau 3 à la performance des PG sans erreur de mise en œuvre. Les diagrammes de performance correspondants sont inclus à l'appendice 2 et 3.

Avec un dépassement des captures constant de 10%, l'objectif de calibrage n'est plus atteint, les probabilités de se situer dans le quadrant vert du graphe de Kobe étant de 8-9% au-dessous de l'objectif pour les PG basées sur un modèle et de 12-14% au-dessous de l'objectif pour les PG basées sur des données. De même, le niveau moyen de biomasse reproductrice est inférieur avec l'erreur de mise en œuvre (1,4-1,5 par rapport à 1,6-1,8). Toutefois, le stock demeure avec une haute probabilité au-delà de  $SB_{lim}$  et même de  $SB_{PME}$  dans tous les cas.

Comme prévu, en raison du dépassement des captures systématique de 10%, des captures plus élevées sont obtenues (C/PME), même si des TAC inférieurs sont établis, en raison de la plus petite taille du stock.

Les différences de performance sont légèrement moindres pour les PG basées sur un modèle (pas de réduction du TAC, diminution moins marquée de  $p(\text{Vert})$  mais plus forte réduction de la taille du stock). Globalement, il n'y a pas de grandes différences entre les PG.

Un dépassement des captures de 15% sur un seul cycle de gestion a un effet similaire sur la performance des PG mais l'ampleur de ces différences est bien moindre.

### - Décalage de gestion de deux ans

La performance des PG pour le scénario avec un décalage de gestion de deux ans peut être comparée au tableau 4 à la performance des PG avec un décalage de gestion d'une seule année. Le diagramme de performance correspondant est inclus à l'appendice 4.

Le principal impact de la mise en œuvre d'un décalage de gestion de deux ans est le report de la première mise en œuvre des PG d'une année. Étant donné que la plupart des PG augmentent le TAC au fil du temps et donnent lieu à une réduction de la taille du stock, les scénarios avec le décalage de deux ans donnent lieu à des TAC plus faibles et à des tailles du stock supérieures en moyenne. Cet impact est légèrement moindre pour les PG basées sur un modèle car elles augmentent les captures à court terme plus rapidement que les PG basées sur des données, ce qui compense en partie le report de la première mise en œuvre de la PG.

Tableau 3 : Résumé de la performance des PG par rapport aux indicateurs de performance clés (médiane dans les répliques du stock, avec les limites de l'enveloppe représentant 80% de la distribution entre parenthèses) pour le cas de base (pas de dépassement) et les deux scénarios avec un dépassement des captures. Voir le tableau 2 pour la définition des indicateurs de performance.

PG	Scénario de dépassement des captures	SB/SB <sub>PME</sub>	P(SB>=SB <sub>PME</sub> )	P(SB>SB <sub>lim</sub> )	p(Vert)	C/PME	(TAC)moyen	IAC(TAC)	Nbr fois changement de TAC
MP1	aucun	1.55	1	1	0.61	0.95	30561	10.16	4
	10% de l'ensemble de la période	1.46	1	1	0.48	1.02	30152	9.9	4
	15% (2024-2026)	1.52	1	1	0.6	0.93	30322	9.94	4
MP2	aucun	1.62	1	1	0.69	0.9	28643	9.75	4
	10% de l'ensemble de la période	1.52	1	1	0.57	0.96	28643	9.45	4
	15% (2024-2026)	1.57	1	1	0.69	0.88	28643	9.56	4
MP3	aucun	1.57	1	1	0.59	0.97	30802	8.13	4
	10% de l'ensemble de la période	1.48	1	1	0.45	1.05	30338	7.46	4
	15% (2024-2026)	1.53	1	1	0.59	0.96	30464	7.79	4
MP4	aucun	1.62	1	1	0.7	0.92	28809	6.84	4
	10% de l'ensemble de la période	1.53	1	1	0.57	1	28399	6.09	4
	15% (2024-2026)	1.57	1	1	0.7	0.91	28524	6.43	4
MP5	aucun	1.54	1	1	0.62	0.93	29828	2.25	1
	10% de l'ensemble de la période	1.42	1	1	0.53	1.02	29828	2.25	1
	15% (2024-2026)	1.48	1	1	0.61	0.93	29828	2.25	1
MP6	aucun	1.6	1	1	0.69	0.87	27828	0.62	1
	10% de l'ensemble de la période	1.49	1	1	0.61	0.96	27828	0.62	1
	15% (2024-2026)	1.55	1	1	0.66	0.87	27828	0.62	1

Tableau 4 : Résumé de la performance des PG par rapport aux indicateurs de performance clés (médiane dans les répliques du stock, avec les limites de l'enveloppe représentant 80% de la distribution entre parenthèses) pour le cas de base (décalage de 1 an) et les scénarios avec un décalage de gestion de deux ans. Voir le tableau 2 pour la définition des indicateurs de performance.

PG	Décalage de gestion	SB/SB <sub>PME</sub>	P(SB>=SB <sub>PME</sub> )	P(SB>SB <sub>lim</sub> )	p(Vert)	C/PME	(TAC)moyen	IAC(TAC)	Nbr fois changement de TAC
MP1	1	1.55	1	1	0.61	0.95	30561	10.16	4
	2	1.59	1	1	0.63	0.93	30037	10.22	4
MP2	1	1.62	1	1	0.69	0.9	28643	9.75	4
	2	1.64	1	1	0.72	0.89	28100	9.8	4
MP3	1	1.57	1	1	0.59	0.97	30802	8.13	4
	2	1.6	1	1	0.62	0.95	30039	8.25	4
MP4	1	1.62	1	1	0.7	0.92	28809	6.84	4
	2	1.64	1	1	0.72	0.9	28236	6.98	4
MP5	1	1.54	1	1	0.62	0.93	29828	2.25	1
	2	1.57	1	1	0.63	0.92	29409	2.25	1
MP6	1	1.6	1	1	0.69	0.87	27828	0.62	1
	2	1.62	1	1	0.69	0.87	27580	0.62	1

- Échec du recrutement

La performance des PG pour le scénario avec un échec du recrutement peut être comparée au tableau 5 à la performance des PG pour le cas de base. Le diagramme de performance correspondant est inclus à l'appendice 5. La figure 5 indique le développement temporel de la biomasse reproductrice à la suite de l'échec du recrutement.

La tendance centrale de l'enveloppe de simulation (médiane) montre une baisse du stock reproducteur de 2027 à 2032, suivie d'une récupération pour toutes les PG. La partie inférieure de la distribution des valeurs simulées de SB/SB<sub>PME</sub> (quantile de 10%) diminue toutefois plus rapidement, reste faible ou continue à diminuer, et pour certaines PG, atteint des valeurs inférieures à 1 (indiquant qu'au cours de ces années il y a une probabilité de 10%, au moins, que SB<SB<sub>lim</sub> pour le stock).

Les PG calibrées avec un objectif de gestion plus conservateur (p(Vert)= 70%) se rétablissent plus rapidement, et il y a globalement un risque plus faible que le stock chute en-deçà de SB<sub>lim</sub> (panneau du bas par rapport au panneau du haut). Pour un critère de calibrage donné, les PG basées sur un modèle (MP5 et MP6) présentent clairement une plus faible robustesse que les PG basées sur des données, avec une médiane de SB/SB<sub>lim</sub> inférieure, et un plus haut risque de chuter en-deçà de SB<sub>lim</sub> (le quantile de 10% chute en-deçà de 1 plus tôt et demeure inférieur). La PG basée sur des données à réactivité rapide affiche une tendance similaire à celle à réactivité lente pour la médiane de la distribution, mais la partie inférieure de la distribution reste plus élevée (au-dessus de 1) indiquant un risque plus faible que la SB chute en-deçà de SB<sub>lim</sub> (ce qui peut également être observé dans le diagramme des indicateurs de performance, appendice 5). Cela indique qu'une PG basée sur des données à réactivité plus rapide est, de fait, plus efficace pour réagir à une réduction de la taille du stock.

Tableau 5 : Résumé de la performance des PG par rapport aux indicateurs de performance clés pour le cas de base et le scénario avec un échec du recrutement (voir le tableau 2 pour la définition des indicateurs de performance), sauf pour Risk( $SB < SB_{lim}$ ) qui est défini comme la probabilité (proportion des répliques du stock) que  $SB < SB_{lim}$  (valeur maximum sur la période 2024-2038).

PG	Échec recrut.	SB/SB <sub>PME</sub>	P(SB ≥ SB <sub>PME</sub> )	P(SB > SB <sub>lim</sub> )	Risk(SB < SB <sub>lim</sub> )	p(Vert)	C/PME	(TAC)moyen	IAC(TAC)
MP1	Non	1.55	1	1	0.02	0.61	0.95	30561	10.16
	Oui	1.19	0.63	1	0.07	0.5	0.79	25372	9.22
MP2	Non	1.62	1	1	0.02	0.69	0.9	28643	9.75
	Oui	1.21	0.73	1	0.07	0.54	0.77	24318	9.03
MP3	Non	1.57	1	1	0.03	0.59	0.97	30802	8.13
	Oui	1.14	0.57	1	0.12	0.48	0.82	26160	5.42
MP4	Non	1.62	1	1	0.02	0.7	0.92	28809	6.84
	Oui	1.19	0.67	1	0.09	0.52	0.77	24460	5.23
MP5	Non	1.54	1	1	0.05	0.62	0.93	29828	2.25
	Oui	1.02	0.4	1	0.24	0.41	0.84	27641	7.66
MP6	Non	1.6	1	1	0.04	0.69	0.87	27828	0.62
	Oui	1.08	0.47	1	0.19	0.46	0.8	26337	5.12

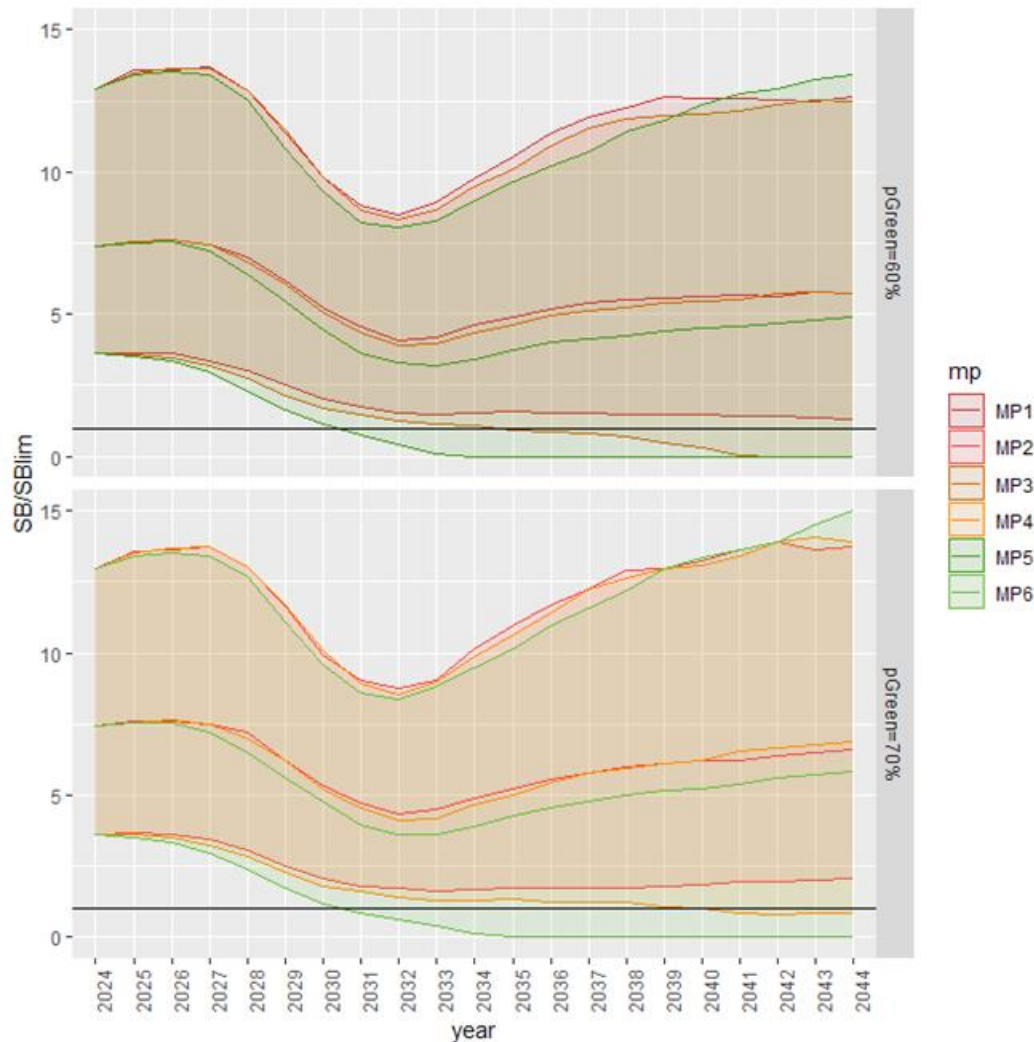


Figure 5 : Changement de la biomasse reproductrice par rapport à  $SB_{lim}$  dans le temps pour les scénarios avec un échec du recrutement survenant entre 2024 et 2026, montrant la position de la médiane, de la limite supérieure (90%) et de la limite inférieure (10%) de la distribution des valeurs par rapport à  $SB=SB_{lim}$  (ligne horizontale noire).

## Conclusions

Le tableau 6 fournit un résumé qualitatif de la performance des six PG, fondé sur les principaux indicateurs de performance et tests de robustesse présentés ci-dessus.

Toutes les PG testées ont une performance similaire et les différences sont seulement minimales. La seule différence majeure est la haute stabilité du TAC obtenue avec les PG basées sur un modèle par rapport aux PG basées sur des données, mais aux dépens d'un TAC moyen légèrement inférieur. Les PG basées sur un modèle présentent toutefois la robustesse la plus faible face à une succession de recrutements insuffisants. La robustesse de ce type de PG pourrait être améliorée en choisissant une valeur plus élevée pour le point de rupture mais cela changerait la performance de la PG et entraînerait probablement un TAC plus variable (stock plus fréquemment sur la pente de la règle de contrôle de l'exploitation).



La PG basée sur des données à réactivité rapide offre une meilleure robustesse en cas de recrutement insuffisant mais ne présente pas autrement d'avantage clair par rapport à celle à réactivité lente et donne même lieu à des TAC légèrement plus variables.

Finalement, la performance des PG est décrite ici pour le court à moyen terme (jusqu'en 2038). Le choix du type de PG a différentes implications pour le plus long terme : alors que les PG basées sur un modèle donnent lieu à un stock stable après 2038, les PG basées sur des données établissent le stock sur une tendance à la baisse (figure A1-4, appendice 1). Cela signifie que si une PG basée sur des données est choisie, une révision de la PG devra être envisagée plus tôt qu'avec une PG basée sur un modèle.

**Tableau 6 :** Comparaison qualitative de la performance des PG

Mesures de performance	MP1-MP2 Basée sur les données rapide	MP3-MP4 Basée sur les données lente	MP5-MP6 Basée sur un modèle	Remarque
Probabilité que $SB > SB_{lim}$ jusqu'à la fin de la période de calibrage (2038)	Pas de différence			
Taille moyenne du stock	Pas de différence			
Incertitude quant à la biomasse du stock en 2038	Incertitude plus faible	Intermédiaire	Incertitude plus élevée	Différences minimales seulement
TAC moyen	Intermédiaire	Supérieur	Inférieur	Différences minimales seulement
Variabilité du TAC	Plus variable	Intermédiaire	Moins variable	
Diminution de la probabilité de se situer dans le quadrant vert de Kobe lorsque les captures dépassent le TAC de 10% (test de robustesse)	Intermédiaire	Diminution plus marquée	Diminution plus légère	Différences minimales seulement
Réduction du TAC moyen lorsque mis en œuvre avec un décalage de 2 ans entre l'avis et le TAC (dans le test de robustesse)	Intermédiaire	Réduction plus marquée	Réduction plus faible	Différences minimales seulement
Risque de $SB < SB_{lim}$ après une période de recrutement insuffisant (test de robustesse)	Risque le plus faible	Intermédiaire	Risque le plus élevé	

## Références

IOTC, 2023. Mise à jour sur l'Évaluation de la Stratégie de Gestion pour l'espadon de la CTOI, 6ème Session du GTPG de la CTOI 5 et 6 mai 2023 IOTC-2023-TCMP06-09

IOTC, 2024. Mise à jour sur l'Évaluation de la Stratégie de Gestion pour l'espadon de la CTOI, 7ème Session du GTPG de la CTOI -19-21 février 2024 IOTC-2024-TCMP07-07

## Appendice 1 : Diagramme de performance supplémentaire pour les 6 PG proposées

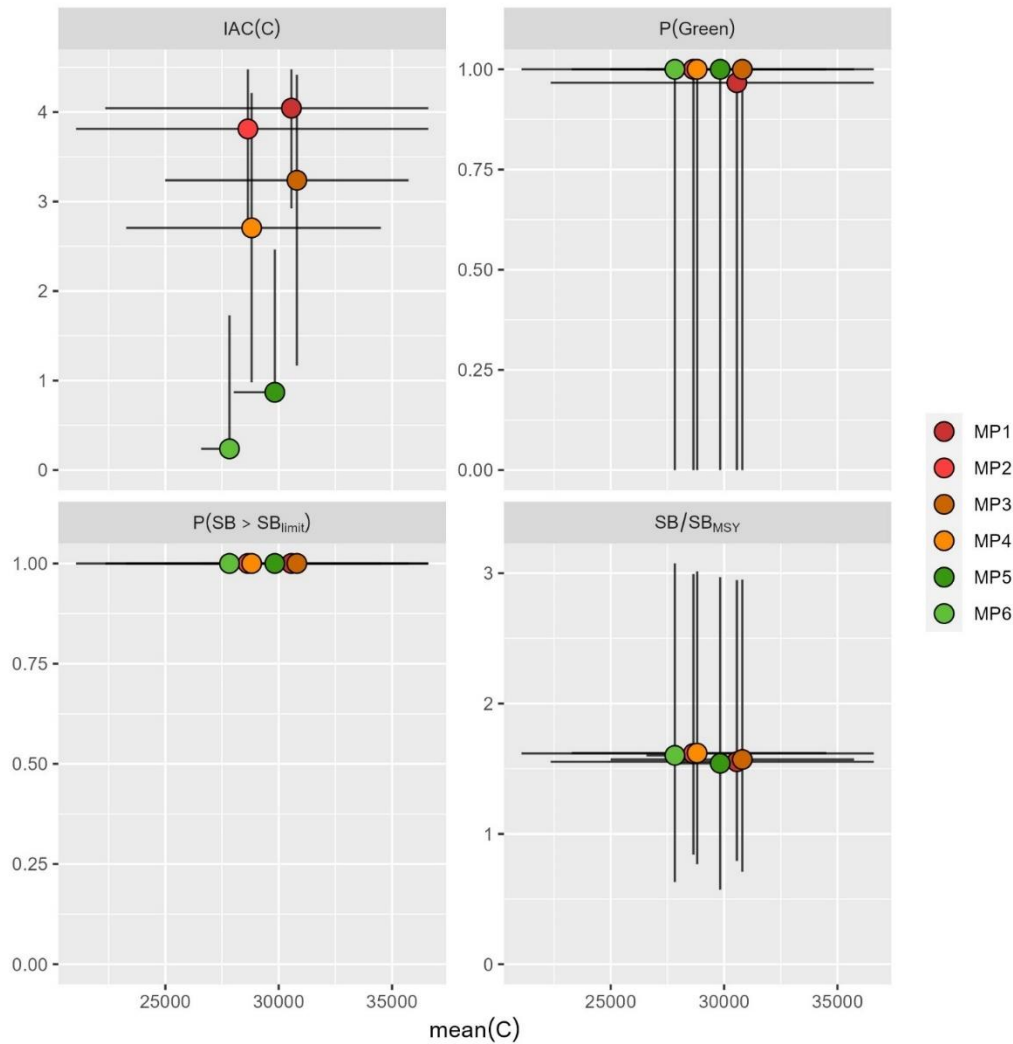


Figure A1-1. Diagrammes de compromis comparant les PG candidates par rapport aux captures de l'axe des X et à 4 autres mesures de performance clés sur l'axe des Y, chacune d'entre elles mise à la moyenne sur la période 2024-38. Le cercle est la médiane, les lignes représentent les 10<sup>e</sup> - 90<sup>e</sup> centiles.

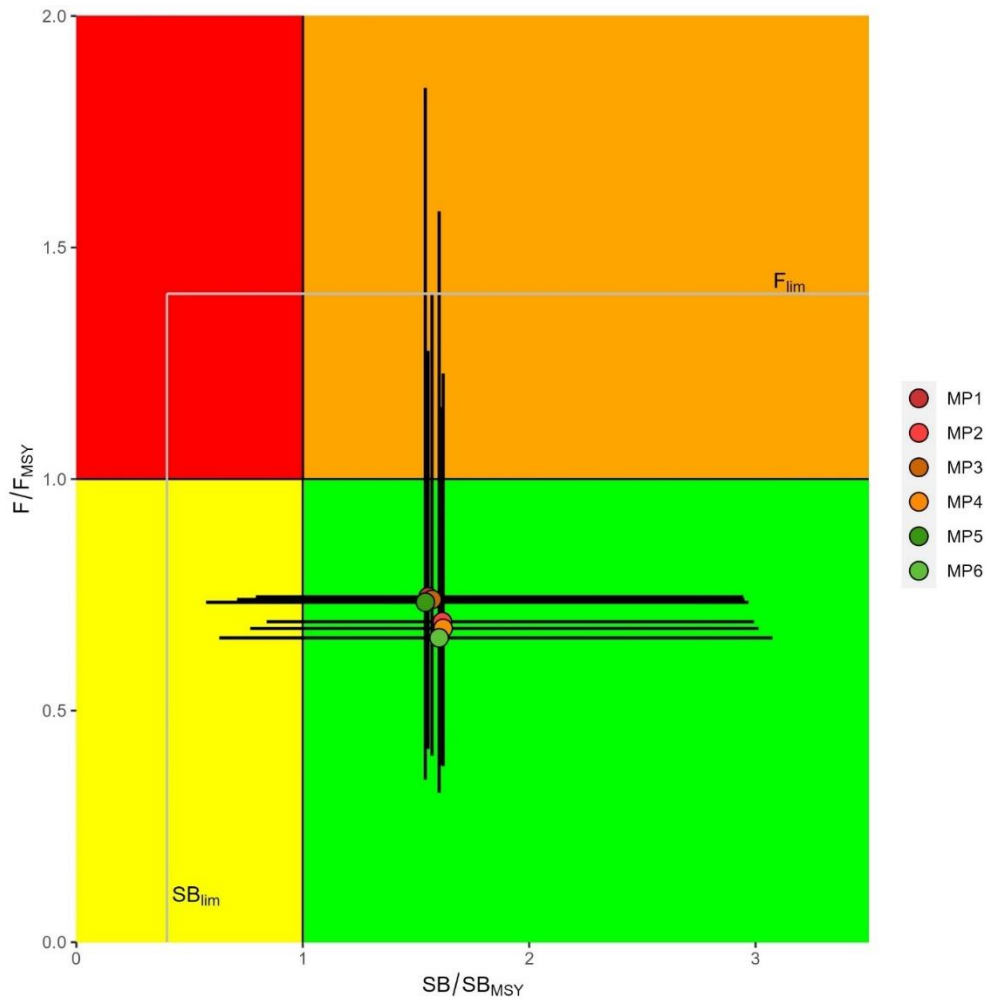


Figure A1-2. Diagramme de Kobe comparant les PG candidates sur la base de la performance moyenne escomptée en 2024-2038. Le cercle est la médiane, les lignes représentent les 10<sup>e</sup> - 90<sup>e</sup> centiles.

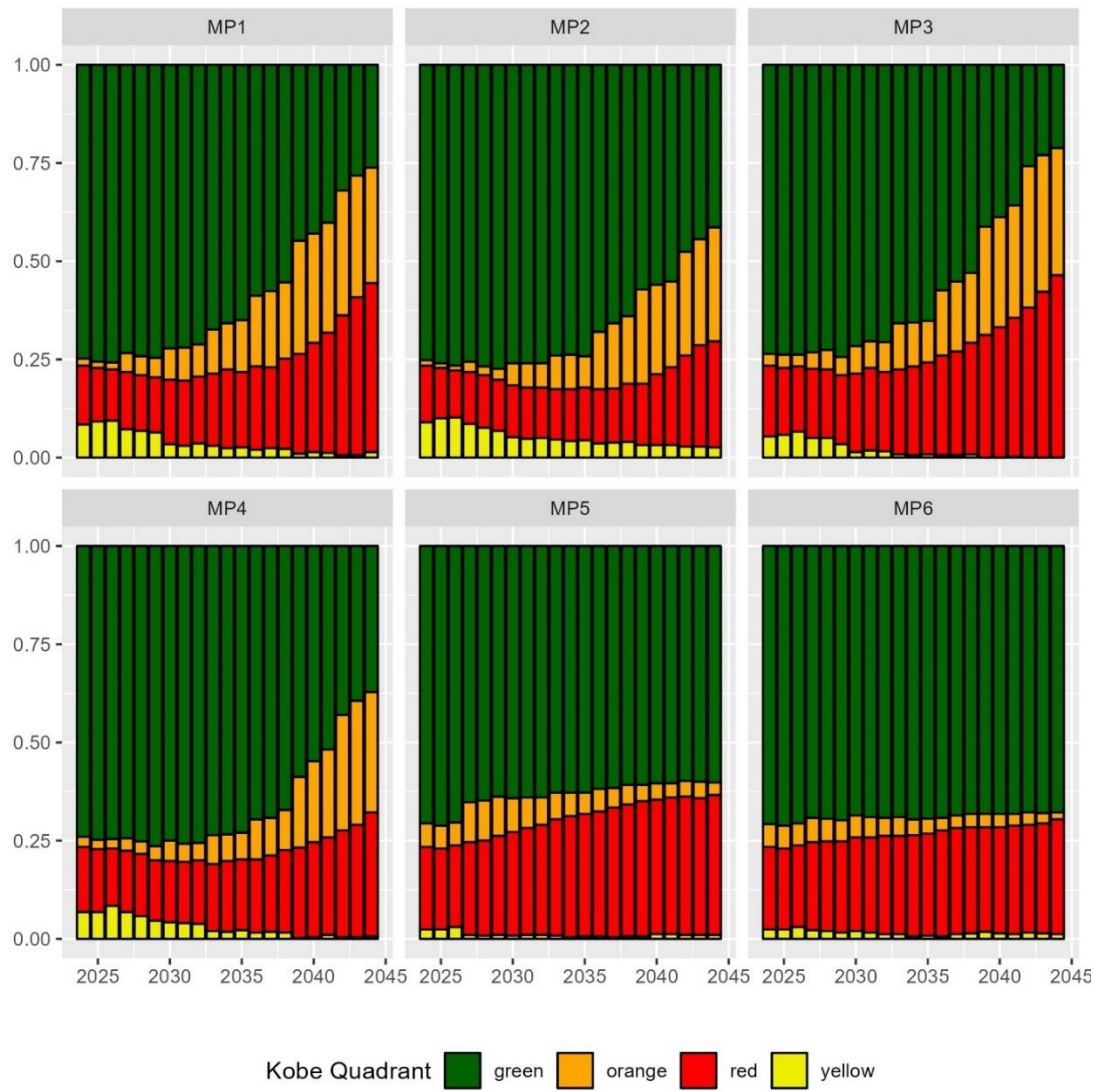


Figure A1-3. Proportion des simulations dans chacun des quadrants de Kobe au fil du temps, pour chacune des PG candidates

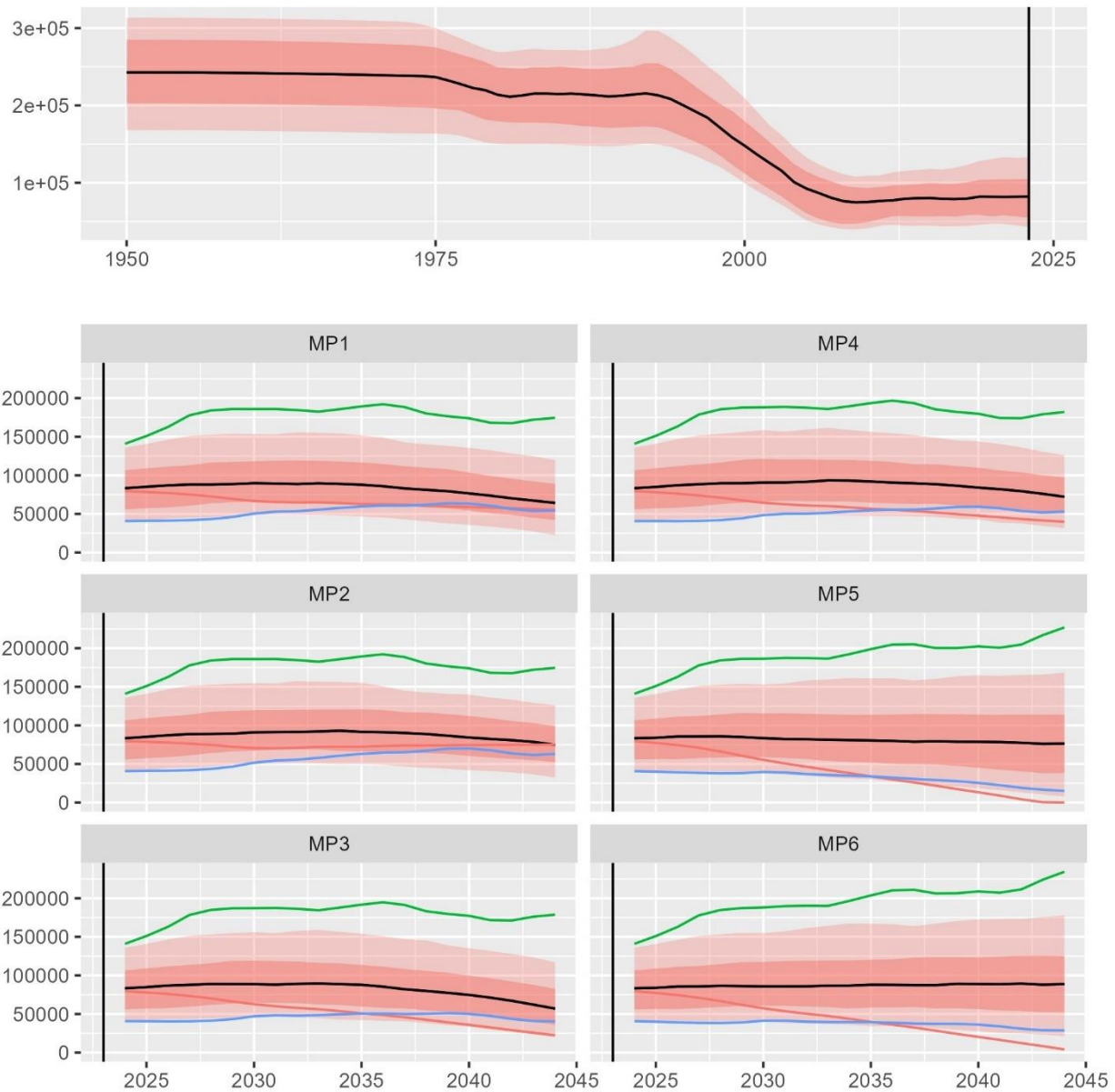


Figure A1-4. Série temporelle de la taille du stock reproducteur pour les PG candidates. Le panneau supérieur représente les estimations historiques du modèle opérationnel de référence et les tracés inférieurs représentent la période de projection. La ligne pleine verticale représente la dernière année utilisée dans le conditionnement historique. La médiane est représentée par la ligne noire épaisse, la bande ombrée rouge plus foncée représente les 25<sup>e</sup> - 75<sup>e</sup> centiles, la bande ombrée rouge plus claire représente les 10<sup>e</sup> - 90<sup>e</sup> centiles. Les 3 fines lignes en couleur représentent des exemples de réalisations individuelles (les mêmes scénarios de MO pour toutes les PG et toutes les mesures de performance) afin d'illustrer la gamme des réalisations attendues dans la trajectoire du stock.

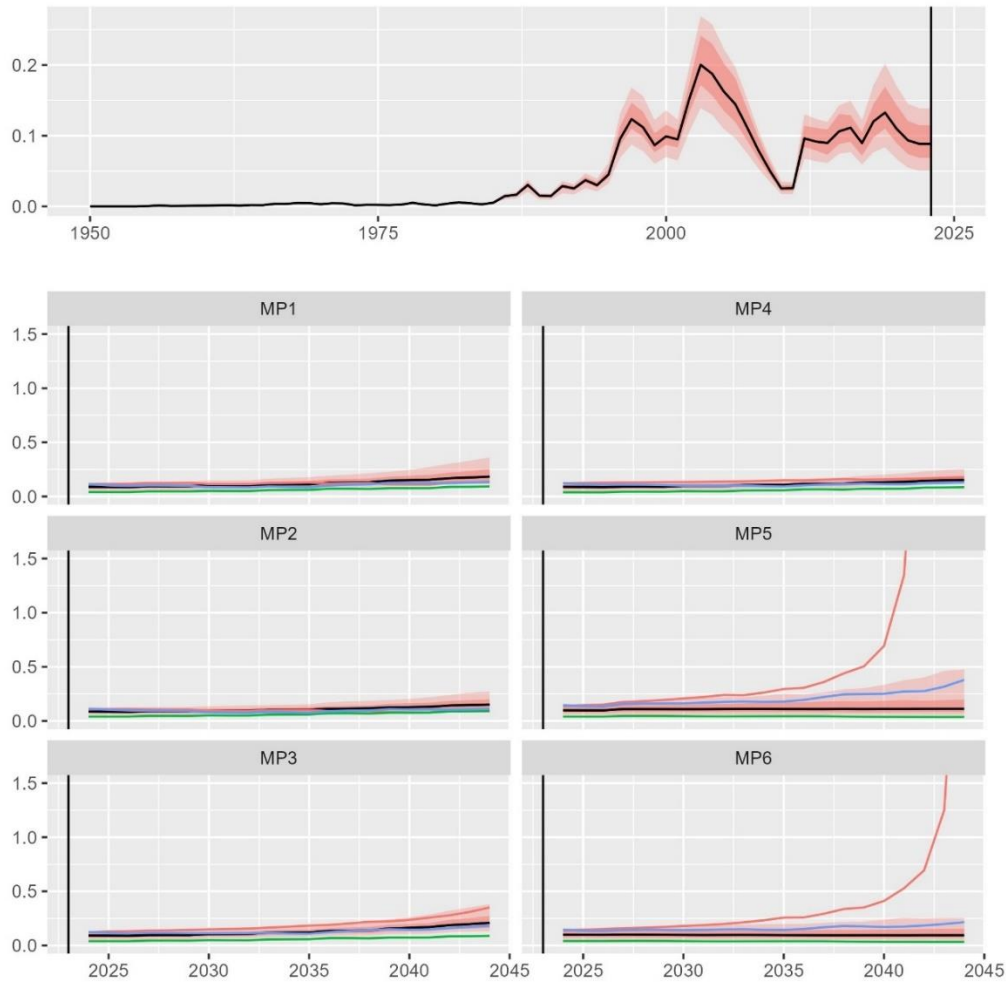


Figure A1-5. Série temporelle de la mortalité par pêche pour les PG candidates.

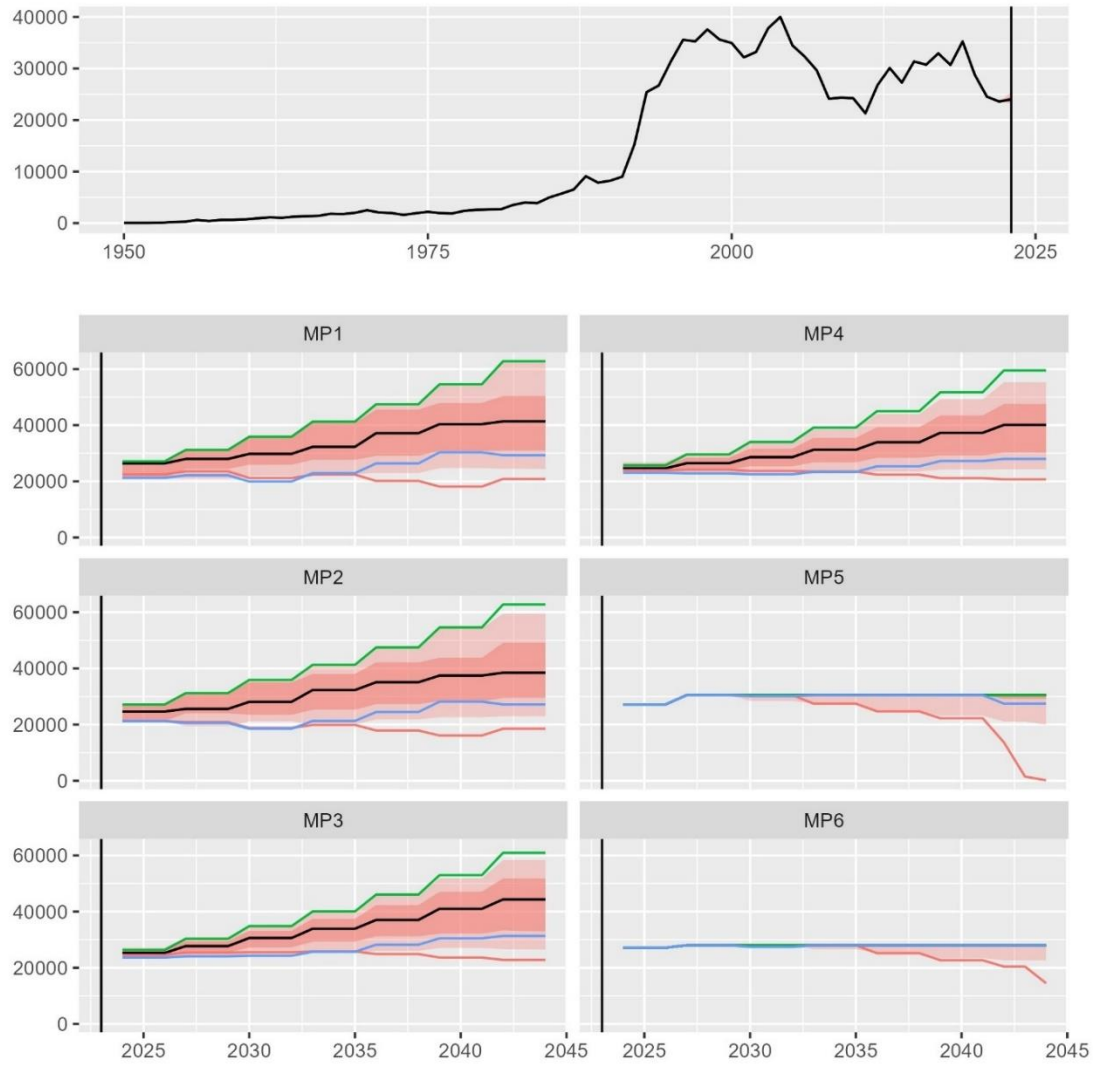


Figure A1-6. Série temporelle de captures pour les PG candidates.

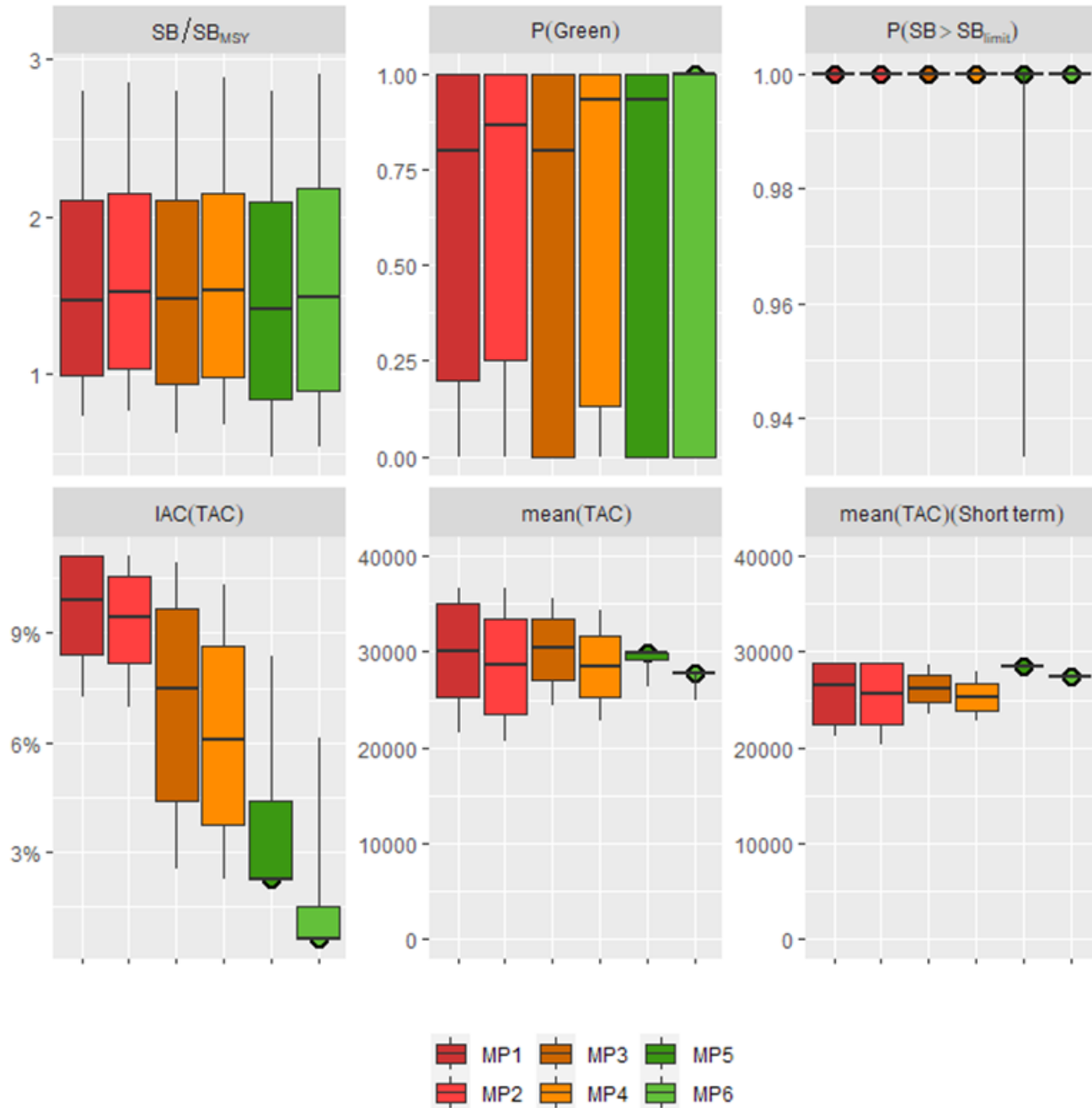




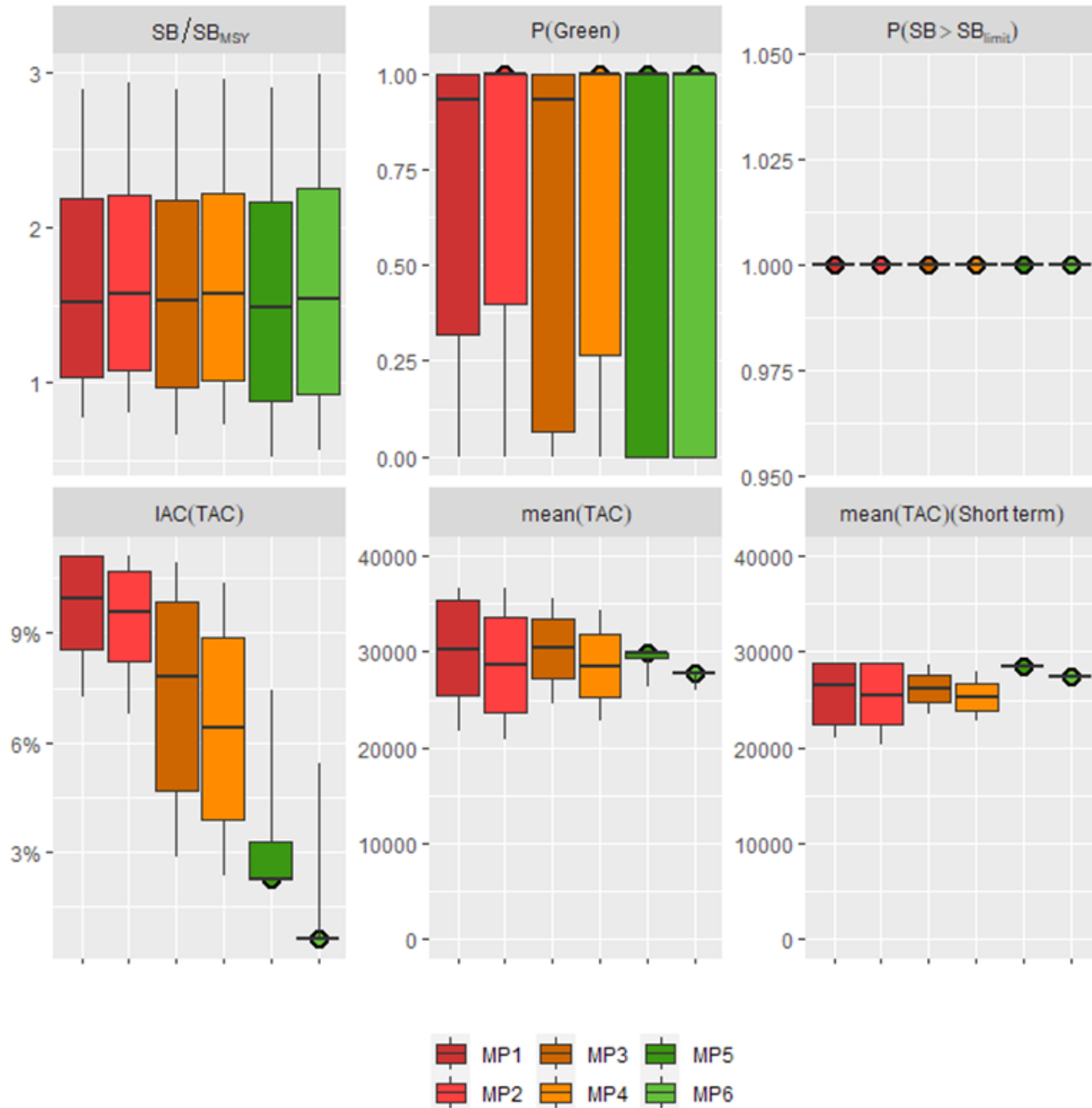
Moyen terme (2024-2038)							
nom	unités	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
Variabilité annuelle moyenne des captures	proportion	0.09	0.09	0.13	0.12	0.15	0.12
Risque 1 ICES, probabilité moyenne que la biomasse reproductrice se situe au-dessous de $B_{lim}$	probabilité	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
Risque 2 ICES, probabilité que la biomasse reproductrice se situe au-dessus de $B_{lim}$ une fois	probabilité	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
Risque 3 ICES, probabilité max. que la biomasse reproductrice se situe au-dessus de $B_{lim}$	probabilité	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.04
Réduction maximum du TAC	tonnes	-1342.5	-1490.87	-339.36	-402.25	-1023.87	-682.54
Augmentation maximum du TAC	tonnes	4679.49	4389.12	3948.5	3461.12	3231.5	932.49
Mortalité par pêche moyenne par rapport à $F_{PME}$	proportion	0.98	0.92	1.12	0.99	1.42	1.21
Mortalité par pêche moyenne par rapport à la cible	proportion	0.98	0.92	1.12	0.99	1.42	1.21
Proportion moyenne de la PME	proportion	0.94	0.9	0.95	0.9	0.93	0.87
Biomasse reproductrice moyenne par rapport à la biomasse vierge	proportion	0.37	0.38	0.37	0.38	0.36	0.37
Biomasse reproductrice moyenne par rapport à $SB_{PME}$	proportion	1.71	1.75	1.69	1.74	1.65	1.72
Biomasse reproductrice minimum par rapport à la biomasse vierge	proportion	0.31	0.32	0.31	0.32	0.3	0.31
Nombre d'années avec changement du TAC	années	4.06	4.06	4.09	4.08	1.61	1.49
Probabilité de SB supérieure ou égale à $SB_{PME}$	probabilité	0.78	0.81	0.76	0.79	0.72	0.74
Probabilité de se situer dans le quadrant vert de Kobe	probabilité	0.69	0.74	0.68	0.73	0.65	0.69
Probabilité de se situer dans le quadrant rouge de Kobe	probabilité	0.17	0.13	0.21	0.17	0.27	0.24
Probabilité de fermeture de la pêcherie	probabilité	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01
Probabilité que la biomasse reproductrice soit supérieure à 20% de $SB_{[0]}$	probabilité	0.92	0.92	0.9	0.91	0.84	0.86
Probabilité que la biomasse reproductrice se situe au-dessus de $SB_{lim}$	probabilité	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.98

Long terme (2024-2041)							
nom	unités	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
Variabilité annuelle moyenne des captures	proportion	0.11	0.11	0.12	0.11	0.18	0.13
Risque 1 ICES, probabilité moyenne que la biomasse reproductrice se situe au-dessous de $B_{lim}$	probabilité	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Risque 2 ICES, probabilité que la biomasse reproductrice se situe au-dessus de $B_{lim}$ une fois	probabilité	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Risque 3 ICES, probabilité max. que la biomasse reproductrice se situe au-dessus de $B_{lim}$	probabilité	0.03	0.02	0.04	0.02	0.08	0.05
Réduction maximum du TAC	tonnes	-1731.37	-1852.16	-416.24	-430.15	-1319.26	-838.66
Augmentation maximum du TAC	tonnes	5138.55	4831.79	4329.65	3835.68	3242.66	957.68
Mortalité par pêche moyenne par rapport à $F_{PME}$	proportion	1.09	1.01	1.26	1.07	1.65	1.36
Mortalité par pêche moyenne par rapport à la cible	proportion	1.09	1.01	1.26	1.07	1.65	1.36
Proportion moyenne de la PME	proportion	0.98	0.93	0.99	0.93	0.92	0.87
Biomasse reproductrice moyenne par rapport à la biomasse vierge	proportion	0.37	0.38	0.36	0.38	0.36	0.37
Biomasse reproductrice moyenne par rapport à $SB_{PME}$	proportion	1.67	1.73	1.66	1.73	1.65	1.73
Biomasse reproductrice minimum par rapport à la biomasse vierge	proportion	0.29	0.3	0.28	0.31	0.29	0.31
Nombre d'années avec changement du TAC	années	5.08	5.08	5.11	5.09	1.91	1.69
Probabilité de SB supérieure ou égale à $SB_{PME}$	probabilité	0.77	0.8	0.75	0.78	0.71	0.74
Probabilité de se situer dans le quadrant vert de Kobe	probabilité	0.65	0.71	0.63	0.7	0.64	0.69
Probabilité de se situer dans le quadrant rouge de Kobe	probabilité	0.19	0.14	0.23	0.18	0.28	0.25
Probabilité de fermeture de la pêcherie	probabilité	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Probabilité que la biomasse reproductrice soit supérieure à 20% de $SB_{[0]}$	probabilité	0.91	0.92	0.88	0.91	0.82	0.85
Probabilité que la biomasse reproductrice se situe au-dessus de $SB_{lim}$	probabilité	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97

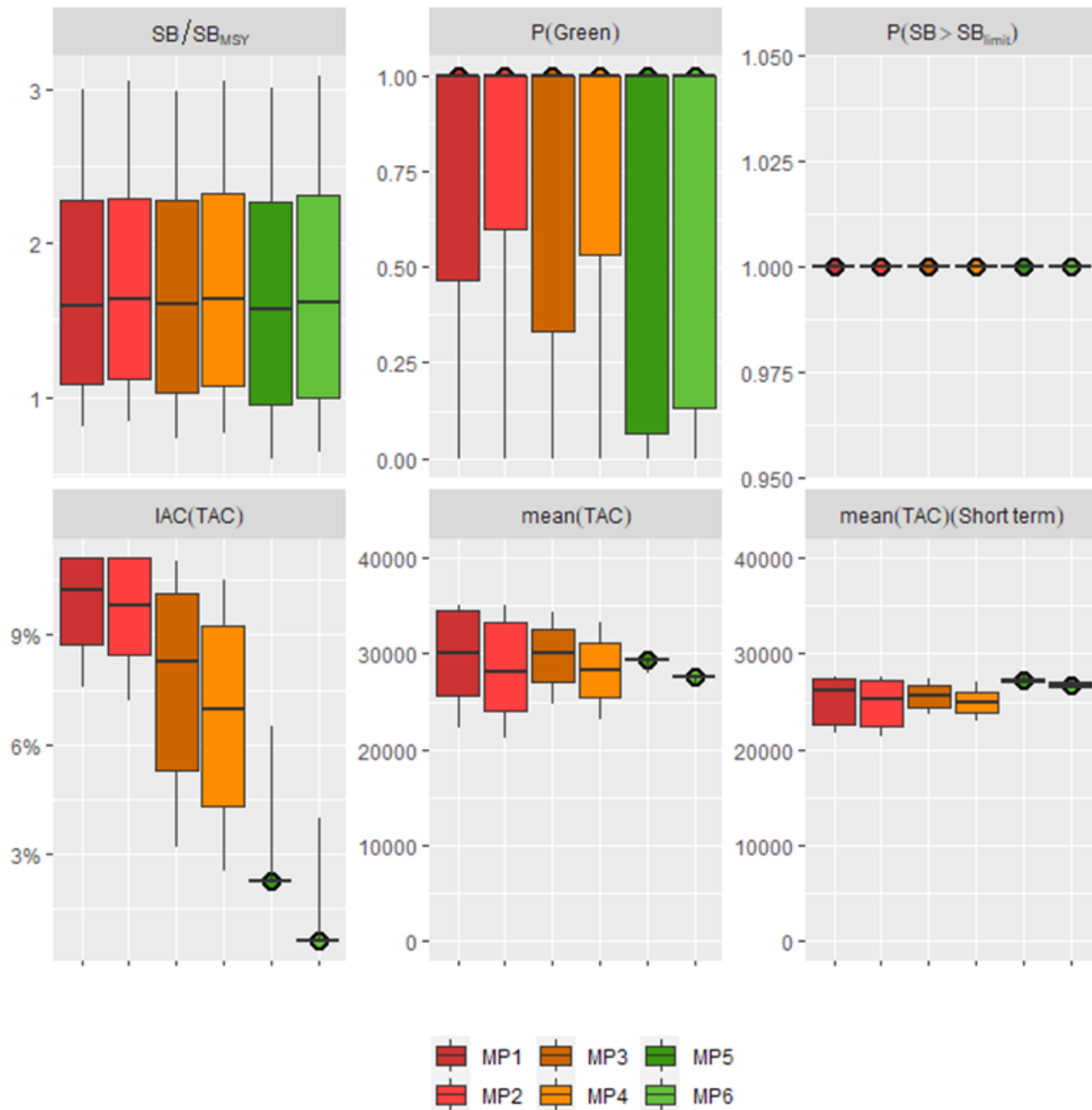
## Appendice 2 : Diagrammes de performance pour le test de robustesse avec un dépassement des captures constant de 10%



### Appendice 3 : Diagrammes de performance pour le test de robustesse avec un dépassement des captures de 15% de 2024 à 2026



## Appendice 4 : Diagrammes de performance pour le test de robustesse avec un décalage de gestion de 2 ans



## Appendice 5 : Diagrammes de performance pour le test de robustesse face à un échec du recrutement

