

## RAPPORT DE LA SESSION D'ÉVALUATION ICCAT DU STOCK DE THON OBÈSE DE 2015

(Secrétariat, Madrid, Espagne – 13-17 juillet 2015)

### 1. Ouverture, adoption de l'ordre du jour et organisation des sessions

La réunion a été tenue au Secrétariat de l'ICCAT à Madrid du 13 au 17 juillet 2015. Le Secrétaire exécutif a ouvert la réunion et a souhaité la bienvenue aux participants (« le Groupe »). M. Driss Meski a fait savoir au Groupe qu'un contrat a récemment été signé entre l'Union européenne et l'ICCAT concernant le Programme de marquage des thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique (AOTTP) et qu'un premier versement a été reçu. Il a également indiqué que le Secrétariat a déjà annoncé la création de trois postes à durée déterminée au Secrétariat (coordinateur du Programme ; agent administratif et financier ; et comptable), dont les résultats devraient être annoncés au moment de la prochaine réunion du SCRS.

Le Dr Hilario Murua (UE-Espagne), Président de la réunion, a souhaité la bienvenue aux participants et a remercié le Secrétariat d'accueillir la réunion et de fournir toute la logistique. Le Dr Murua a procédé à l'examen de l'ordre du jour qui a été adopté avec de légères modifications (**Appendice 1**).

La liste des participants se trouve à l'**Appendice 2**. La liste des documents présentés à la réunion est jointe à l'**Appendice 3**. Les participants suivants ont assumé les fonctions de rapporteur :

<i>Section</i>	<i>Rapporteur</i>
Point 1	Miguel Neves dos Santos
Point 2.1	Rodrigo Forsello
Point 2.2	M. Ortiz
Point 2.3	Mauricio Ortiz/Craig Brown
Point 2.4	Daniel Gaertner
Point 3.1	Paul de Bruyn/Gorka Merino
Point 3.2	Paul de Bruyn/Gorka Merino/Michael Schirripa
Point 3.3	Paul de Bruyn/Gorka Merino/John Walter
Point 3.4	Paul de Bruyn/Gorka Merino
Point 4.1	Laurence Kell/Gorka Merino
Point 4.2	Laurence Kell/Gorka Merino/Michael Schirripa
Point 4.3	Laurence Kell/Gorka Merino/John Walter
Point 4.4	Laurence Kell/Gorka Merino
Point 4.5	Laurence Kell/Paul de Bruyn/Hilario Murua
Point 5.	Laurence Kell/David Die/Hilario Murua
Point 6.	Miguel Neves dos Santos/David Die/Hilario Murua
Point 7.1	David Die
Points 7.2, 8	Hilario Murua

### 2. Résumé des données disponibles pour l'évaluation

#### 2.1 Biologie

Le document SCRS/2015/138 présentait les relations longueur-poids pour le thon obèse de l'Atlantique Nord-Est. L'étude est basée sur la longueur à la fourche (FL en cm) et le poids vif (RW en kg) de 1.501 spécimens débarqués entre 2007 et 2014. La gamme de tailles (61 – 194 cm) étudiée représente les tailles les plus fréquemment observées dans les prises de thon obèse. Les ajustements linéaires et non linéaires ont été testés pour la relation  $RW = a * FL^b$  et ont été comparés entre eux.

$$\text{Équation de l'ajustement linéaire : } RW = 5,29919E^{-05} * FL^{2.8211264}$$

$$\text{Équation de l'ajustement non linéaire : } RW = 6,0568E^{-05} * FL^{2.79379}$$

L'ajustement de l'équation non linéaire aux données était légèrement mieux que l'ajustement de l'équation linéaire, notamment pour les spécimens de grande taille qui sont faiblement représentés dans l'échantillon et qui sont moins fréquents dans les prises. Toutefois, les différences entre les résultats obtenus avec chaque équation

sont mineures, avec une hausse de 0,2 % dans le poids moyen quand l'ajustement non-linéaire est utilisé. Les deux équations ont été comparées à la relation publiée par Parks *et al.* (1982) actuellement utilisée par l'ICCAT, donnant lieu à de légères différences entre les trois équations.

Le document présente une révision approfondie des relations longueur-poids pour le thon obèse dans les océans Atlantique, Pacifique et indien. Toutefois, aucune comparaison entre les relations n'a été présentée étant donné que beaucoup d'entre elles ont été faites à l'aide de différentes morphométries. En outre, les nouvelles relations présentées pour l'Atlantique Nord-Est ne sont pas comparables avec les nouvelles informations pour l'Atlantique Sud-Ouest présentées dans le SCRS/2015/096 au cours de la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse, étant donné que différents types de poids (c.-à-d. poids vif par opposition à poids éviscéré) sont utilisés.

Lors de la présentation et la discussion du document, il a été recommandé d'utiliser l'ajustement non linéaire plutôt que linéaire, car ce type de régressions a une meilleure performance avec ce type de données.

Une compilation des informations historiques et nouvelles sur la biologie et les coefficients de conversion à utiliser pour l'évaluation est disponible dans les Tableaux 1 et 2 du rapport de la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse (SCRS/2015/011).

## **2.2 Estimations des captures, de l'effort, des tailles et de la prise par taille (CAS)/prise par âge (CAA)**

### **2.2.1 Estimations des captures**

Le Secrétariat a présenté une mise à jour de la série de prise nominale de Tâche I du thon obèse (T1NC) pour la période 1950-2014. Les modifications apportées depuis la réunion de préparation des données sur le thon obèse (chiffres nouveaux ou modifiés déclarés par les CPC avant le 2 juillet 2015) ont été incluses. Une mise à jour des statistiques des pêcheries de thon obèse du Ghana était escomptée suite aux recommandations et aux directives formulées lors de la réunion de préparation des données. Ces estimations ont été fournies au début de la réunion (SCRS/2015/139). Des rapports de capture de thon obèse au titre de 2014 ont également été reçus du Brésil et du Venezuela juste avant la réunion. Les prises déclarées par le Brésil pour 2014 s'élevaient à 3.475t, tandis que les captures du Venezuela étaient exceptionnellement élevées (29.000 t) et bien au-delà des valeurs historiques. Le Groupe a signalé que les estimations T1NC du Brésil étaient les plus élevées dans la série temporelle du Brésil et que la plupart des prises ont été réalisées à la ligne à main, ce qui est plutôt rare pour les prises de thon obèse. Le Groupe a recommandé de poursuivre les estimations des reports de la T1NC pour le Brésil et le Venezuela provenant de la réunion de préparation des données aux fins de l'évaluation des stocks. Le Groupe a demandé au Secrétariat de confirmer avec les correspondants statistiques du Brésil et du Venezuela la validité des données présentées.

Le document SCRS/2015/139 présente les détails de l'estimation des statistiques de capture des senneurs et des canneurs ghanéens pour 2006-2013. Suivant les recommandations de la réunion de préparation des données, les estimations de capture de thon obèse du Ghana (T1NC) ont été préparées pour deux composantes de flottilles. Les données d'échantillonnage de la composition par espèce de UE-PS ont été utilisées pour estimer la composition des captures par espèce (CAS) pour la composante P de la flottille. Les données d'échantillonnage du Ghana ont été utilisées pour obtenir la composition des captures pour la composante A de la flottille. Le Groupe a conclu que les estimations présentées pour la Tâche I étaient plus solides et il a recommandé qu'elles soient incluses pour l'évaluation. Cependant, les données de prise et d'effort de la Tâche II et de prise par taille n'ont pas été acceptées car elles nécessitaient une analyse et un travail plus approfondis. Au cours des discussions, il a été noté ce qui suit : a) il y a encore un nombre limité de livres de bord pour la flottille P, ainsi qu'un échantillonnage limité de taille/composition pour les captures de cette flottille ; b) la distribution spatiale de l'effort de pêche de la flottille P suscite également des préoccupations. Le Groupe a signalé l'importance de poursuivre la collaboration entre les scientifiques ghanéens et ceux de l'UE pour assurer la mise en œuvre des protocoles d'échantillonnage et d'estimation établis et il a souligné l'objectif à long terme d'améliorer la capacité ghanéenne pour effectuer ce travail.

En résumé, le Groupe a recommandé d'actualiser la T1NC, y compris la prise ghanéenne de thon obèse présentée dans le SCRS/2015/139 en postulant que ces estimations représentent à la fois les captures des senneurs et des canneurs. Pour les captures ghanéennes de 2014, le Groupe de travail a décidé de reporter l'estimation des captures de 2013. C'est pourquoi, la T1NC a été mise à jour pour tous les modèles d'évaluation. Dans le cas de la VPA, comme la CAS n'était pas disponible pour les nouvelles estimations du Ghana, le Groupe a recommandé d'actualiser la CAA en postulant la même distribution des âges que celle de la première version de CAA

présentée par le Secrétariat, et en ajustant la production par âge à l'aide des poids moyens à l'âge, de façon à ce que la prise totale corresponde à la Tâche I actualisée.

Les données d'entrée finales des estimations de TINC (déclarées et estimées par le Groupe) sont présentées au **Tableau 1**. La **Figure 1** présente la série cumulative de capture de Tâche I (de 1950 à 2014). Les meilleures estimations des ponctions totales de thon obèse pour 2014 s'élevaient à 68.390 t. En 2013 et 2014, la prise a continué à chuter par rapport aux captures de 2011 qui dépassaient les 80.000 t. Les captures totales de thon obèse se situent en-dessous du TAC depuis 2005, à l'exception de 2011. La **Figure 2** illustre la distribution spatiale des captures par zone définie pour le modèle Stock Synthèse (SS3).

### 2.2.2 Données de taille

Le document SCRS/2015/121 a présenté une analyse des données de fréquence de taille et proposé la saisie de données de fréquence de taille pour le modèle Stock Synthèse. Dans l'ensemble, il y a un nombre suffisant d'échantillons de taille pour le thon obèse, en particulier depuis 2004, en partie grâce au grand nombre de mesures des tailles des flottilles palangrières du Taipei chinois qui couvrent pratiquement 100 % de leurs prises. Les proportions de l'échantillonnage des tailles par engins principaux (PS, LL et BB) par rapport à la proportion des captures par engin ont indiqué que l'échantillonnage des tailles pour la flottille de senneurs peut être amélioré. Il a également été noté lors de la discussion que les données de taille disponibles et utilisées dans l'analyse du SS3 étaient limitées pour les flottilles de senneurs et de canneurs de l'UE et flottilles associées. 25 % seulement des échantillons originaux étaient disponibles pour la période 1980 – 2014. Les données de fréquence des tailles étaient regroupées par année, trimestre et ID de pêcherie (15 pêcheries décrites dans le **Tableau 2**), tel que cela a été défini à la réunion de préparation des données pour les modèles SS3. Les indicateurs statistiques suggèrent que le nombre minimum d'échantillons de taille à utiliser devrait être environ 200 ; toutefois, en raison du faible échantillonnage dans les premières années, le nombre minimum d'échantillons a été fixé à 50. Les observations de fréquence des tailles pour les ID de pêcherie 2 et 7 sont très limitées et il a été recommandé de relier les fréquences des tailles de ces ID de pêcherie aux fréquences des tailles d'autres flottilles/engins similaires.

Les tendances de la taille moyenne par ID de pêcherie montrent une augmentation au cours de ces dernières années, notamment certaines flottilles palangrières (**Figure 3**). La taille moyenne estimée à partir de la CAS du Taipei chinois coïncide avec les tendances de la taille moyenne des données de Tâche II déclarées par le Taipei chinois, ce qui concorde avec les données de CAS qui ont été estimées en utilisant les mêmes données de taille que celles déclarées dans la Tâche II. Toutefois, le changement brutal dans la composition par taille du thon obèse entre les années antérieures à 2005 et les années postérieures à 2006, ce qui pourrait être le même cas pour l'albacore capturé par la flottille du Taipei chinois, justifie un examen plus poussé.

Le Secrétariat a présenté un aperçu de la CAS et de la CAA pour le thon obèse pour la période 1975 – 2014 (**Figures 4 et 5**). Dans l'ensemble, la CAS a été mise à jour suite aux recommandations de la réunion de préparation des données sans y inclure les récentes estimations des statistiques de capture du Ghana, car celles-ci n'étaient pas disponibles lorsque les travaux ont été effectués (voir ci-dessus). La CAS a été convertie en CAA avec les mêmes algorithmes utilisés dans la dernière évaluation (Anon., 2011a). Brièvement, la CAA a été estimée en « découpant » les données de taille par inversion du modèle de croissance actuel de von Bertalanffy pour le thon obèse de l'Atlantique (Hallier *et al.*, 2005), par strate année-trimestre. Au cours de la réunion, la matrice de CAA a été mise à jour pour refléter les statistiques ghanéennes révisées que le Groupe a adoptées. Les comparaisons avec la matrice de CAA de 2010 ont montré des différences dans la distribution des âges. Ces différences étaient en partie dues à des changements dans la CAS présentée par certaines CPC depuis la dernière évaluation. La matrice résultante de la CAA est illustrée à la **Figure 5** et au **Tableau 3**. La proportion des poissons d'âge 0 et 1 dans le total des captures a commencé à augmenter au fil du temps et elle représentait, en 2014, 86% des captures en chiffres et 26% en poids.

### 2.3 Estimations de l'abondance relative

Au cours de la réunion 2015 de préparation des données sur le thon obèse, un certain nombre d'indices d'abondance relative alternatifs ont été présentés. Lors de cette réunion, le Groupe s'est demandé si ces estimations pouvaient servir d'indices d'abondance relative pour être utilisées dans différents modèles d'évaluation des stocks. Dans certains cas, le Groupe a recommandé que des modifications ou des analyses supplémentaires soient menées avant la réunion d'évaluation du stock de thon obèse. Le Groupe a demandé que soient élaborés des indices d'abondance en utilisant les données de capture et d'effort à la senne afin de les utiliser éventuellement dans les scénarios de sensibilité.

Le document SCRS/2015/105 présente les indices de CPUE obtenus en utilisant les données détaillées des livres de bord journaliers des senneurs de l'UE de 1991 à 2014, en appliquant des modèles fixes et mixtes linéaires généralisés. Les résultats du taux de capture standardisé saisonnier ont été présentés (année-trimestre). Les variables explicatives utilisées dans l'analyse incluent : année, zone, trimestre, capacité de ponction, pays et date de début du navire. Aucun indice d'abondance annuel n'a été élaboré, ce qui aurait été nécessaire à l'examen du modèle de VPA. Le Groupe n'a pas pu évaluer exhaustivement les indices présentés car il estimait que la description des méthodologies appliquées et le diagnostic montré étaient parfois imprécis ou incomplets. Le Groupe a recommandé à l'auteur d'aborder ces préoccupations dans une révision ultérieure au SCRS/2015/105, qui pourrait potentiellement être examinée à la réunion annuelle de 2015 du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux. Le Groupe n'a pas adopté les indices contenus dans le SCRS/2015/105 devant servir à des analyses réalisées au cours de la réunion d'évaluation. Le Groupe estime qu'il est bien plus important de faire avancer ce travail pour atteindre l'objectif à long terme de l'élaboration d'indices d'abondance pour les juvéniles de thon obèse.

#### **2.4 Indicateurs des pêcheries**

Dans l'océan Atlantique, le thon obèse a été exploité par trois principaux engins : palangre, canne et moulinet et senne. Plusieurs pays contribuent à la prise totale et l'ICCAT a des données détaillées sur la pêche pour ce stock depuis les années 1950. Alors que le thon obèse représente désormais l'une des principales espèces cibles pour quelques-unes des pêcheries de palangriers et de canneurs, cette espèce a toujours revêtu une importance secondaire pour les autres pêcheries de surface. Les débarquements en poids pour les périodes 2010-2014 représentent 48 %, 15 % et 37 % pour les palangriers, les canneurs et les senneurs, respectivement.

La prise totale annuelle de la Tâche I (**Tableau 1**) a augmenté jusqu'au milieu des années 1970, atteignant 60.000 t, et elle a fluctué pendant les 15 années suivantes. En 1991, la prise a dépassé 97.000 t et a continué à augmenter, atteignant un maximum historique de l'ordre de 135.000 t en 1994. La prise déclarée et estimée a diminué depuis lors et a chuté en dessous de 100.000 t en 2001. Cette baisse progressive des captures s'est poursuivie, avec toutefois certaines fluctuations d'une année à l'autre (**Figure 1**). L'estimation préliminaire pour 2014 s'élève à 68.390 t. Ces réductions des captures sont liées à la diminution de la taille de la flottille de pêche (palangre) ainsi qu'à la réduction de la CPUE (palangre et canne). Les séries de capture des pêcheries situées à la limite de la distribution spatiale du thon obèse ou dans des zones très locales peuvent être des indicateurs pour détecter des changements dans l'abondance. Les séries de capture de thon obèse pour la pêche périphérique des petits canneurs aux Açores montrent de fortes variations interannuelles mais sans aucune tendance particulière, à l'exception de la très faible capture enregistrée dans les années 2000 (**Figure 6**). La prise de thon obèse à Madère et aux îles Canaries est stable, mais elle se situe à un niveau plus bas que dans les années 1990 ou bien elle est même en diminution comme cela est indiqué pour les canneurs qui opèrent à partir de Dakar (**Figure 6**). Le nombre de senneurs actifs a chuté de plus de la moitié entre 1994 et 2006, mais il est remonté depuis 2007, avec le retour de quelques navires de l'océan Indien à l'Atlantique. Le nombre de senneurs de la flottille de l'Union européenne et associée opérant entre 2009 et 2013 était similaire à celui qui opérait entre 2003 et 2004, mais la capacité de charge s'est accrue de 20%.

Lors de la réunion, deux documents qui décrivaient les pêcheries espagnoles de thonidés tropicaux ont été discutés. Le document SCRS/2015/131 décrit les pêcheries de thonidés tropicaux opérées par les senneurs et les canneurs pour la période 1991-2014. Au large des côtes mauritaniennes, la pêche de DCP dérivants est en développement depuis 2009 et a continué à être très active en 2014, mais ciblant exclusivement le listao. En moyenne, le nombre annuel de carrés de 1° pêchés par les senneurs a augmenté au cours des cinq dernières années. Contrairement au listao, la prise de thon obèse des senneurs espagnols est en chute depuis 2011. La même tendance à la baisse a été observée pour l'effort de pêche en termes de nombre de navires et de capacité de charge. Le poids moyen du thon obèse capturé par mode de pêche a montré une légère augmentation depuis 2008 pour la composante "DCP" (atteignant 3,5 kg) et une hausse plus marquée pour la composante "bancs libres" (à partir de 5 kg en 2005 jusqu'à 20-25 kg au cours des deux dernières années). En ce qui concerne les canneurs opérant au large du Sénégal, les captures de thon obèse et l'effort de pêche sont restés stables. Le document SCRS/2015/136 a montré de grandes fluctuations au fil du temps dans le poids moyen (entre 10 et 20 kg) du thon obèse capturé par la pêche de canneurs aux îles Canaries, mais sans aucune tendance apparente. Les captures de thon obèse de cette pêche étaient aussi relativement stables au cours des trois dernières années.

Le poids moyen du thon obèse a chuté entre 1975 et 1998, mais il est demeuré relativement stable, autour de 10 kg, au cours de la dernière décennie (**Figure 7**). Toutefois, ce poids moyen diffère en fonction de l'engin de pêche : environ 62 kg pour les palangriers, 7 kg pour les canneurs et 4 kg pour les senneurs. Au cours de ces 10 dernières années, plusieurs flottilles palangrières ont vu augmenter le poids moyen du thon obèse capturé, le

pois moyen du poisson capturé à la palangre passant de 40 kg à 60 kg entre 1999 et 2010. Durant la même période, le thon obèse capturé à la senne pesait en moyenne entre 3 kg et 4 kg. Le poids moyen du thon obèse capturé en bancs libres est plus du double que le poids moyen des spécimens capturés autour des DCP. Cette différence de poids moyen entre ces deux modes de pêche est encore plus prononcée depuis 2006 (**Figure 8**). Pareillement, le thon obèse capturé par les canneurs pesait en moyenne entre 6 et 10 kg pendant la même période, ce qui indique une plus grande variabilité interannuelle de son poids moyen par rapport au poisson capturé à la palangre ou à la senne.

Les juvéniles de thon obèse présentent une forte association avec l'objet flottant naturel ou artificiel, et en conséquence, le développement d'un mode de pêche utilisant des dispositifs de concentration de poissons dérivants (DCP dérivants) pourrait augmenter la vulnérabilité de ces plus petits poissons aux engins de pêche de surface. La proportion des prises de thon obèse réalisées sous DCP dérivants par les principales flottilles de senneurs fait apparaître quelques différences entre flottilles : la pêche sous DCP représente 100 % pour le Ghana (SCRS/2015/139), environ 84 % pour UE-Espagne (2010-2014, SCRS/2015/131) et près de 53 % pour UE-France (2008-2012, Floch *et al.*, 2014).

Dans le cadre du projet de recherche CECOFAD de l'UE (SCRS/2015/104), une méthode indirecte a été proposée pour reconstruire une série temporelle du nombre de DCP et de balises GPS déployés (SCRS/2014/133). De cette étude, le nombre total estimé de DCP remis à l'eau chaque année a remarquablement augmenté, passant de moins de 7.000 DCP avant 2008 à 17.300 DCP en 2013 (**Figure 9**). Il convient de souligner qu'il existe une grande variabilité du nombre de DCP dérivants déployés par navire, comme il a été signalé pour la flottille espagnole de senneurs. Par exemple, le nombre de DCP dérivants actifs suivis par trimestre et par navire espagnol varie entre 100 et 1.100 (Delgado de Molina *et al.*, 2015).

Des informations sur les changements technologique des balises, exprimés en nombre de balises par catégorie (p. ex., balises HF, balises reliées seulement par satellite et balises écho-sondeur reliées par satellite) achetées chaque année, ont été fournies pour la flottille de senneurs français au titre de la période 2004-2014 (SCRS/2015/014). Les balises équipées d'écho-sondeur ont progressivement remplacé les deux autres types et prédominent maintenant, avec un impact potentiel sur l'augmentation de l'efficacité de pêche des senneurs qui pêchent sous DCP (**Figure 10**). Cette amélioration dans la technologie de la pêche sous DCP au fil du temps a également été documentée pour la flottille espagnole de senneurs (**Figure 11**), et ces nouvelles technologies peuvent augmenter la capturabilité du thon obèse juvénile au cours des récentes années.

Les indicateurs des pêcheries basés sur le nombre de carrés de 5 ° x 5 ° pêchés où le thon obèse a été capturé peuvent détecter des changements potentiels dans l'abondance ou dans les stratégies de pêche au fil du temps (SCRS/2014/080). Le nombre de carrés de 5° explorés avec des captures de thon obèse (> 1 tonne par an) des flottilles palangrières a fluctué, mais sans aucune tendance perceptible entre les années 1970 et les années 2000. Cependant, depuis le début des années 2000, le nombre de carrés de 5 ° x 5 ° avec des prises de thon obèse de plusieurs flottilles de palangriers a sensiblement diminué (**Figure 12**). La situation est inverse pour les senneurs de l'UE dont les zones de pêche se sont élargies depuis 2007, probablement en raison de l'augmentation de l'emploi des DCP dérivants/balises conjuguée à l'accès à des zones nouvelles ou historiques, suite à la reconduction d'accords de pêche (**Figure 13**).

Le document SCRS/2015/140 a présenté une analyse des données de fréquence des tailles (CAS) pour le thon obèse de l'Atlantique à l'aide de deux méthodes. Des diagrammes de Powell-Wetherall exploraient les changements de Z sur la base des données de taille et une analyse de la courbe de capture en utilisant la CAA afin d'évaluer les changements dans les schémas de sélection. Le document fournit des estimations de la mortalité totale Z pour des âges entièrement sélectifs et des estimations de sélectivité par âge. Le Groupe a remarqué l'utilité d'utiliser des méthodes simples à des fins d'exploration et de vérification des données d'entrée, car elles peuvent être de bons indicateurs des tendances, ainsi que des estimations initiales pour les paramètres de modèles plus complexes ; par exemple, le ratio de F pour le groupe d'âge plus dans la VPA, ou les valeurs de F terminal, et l'identification potentielle des changements dans les modes de sélectivité déduits de l'analyse de la courbe de capture par principal engin et période temporelle.

La longueur moyenne et ses intervalles de confiance au cours des années sont superposés aux points de référence de la longueur (longueur à l'infini, la longueur à laquelle la population atteint sa biomasse maximale et la longueur à laquelle 50 % de la population atteint la maturité) dans le but d'identifier, pour chaque engin de pêche, les longueurs pour lesquelles les prises respectives peuvent être évaluées. Les estimations de Z obtenues des diagrammes de Powell-Wetherall (**Figure 14**) ont montré une diminution significative à partir de 1990 (Z = 0,55) jusqu'en 1995 (Z = 0,35), puis une lente augmentation continue jusqu'en 2014 (Z = 0,45).

### 3. Méthodes et autres données importantes pour l'évaluation

#### 3.1 Modèles de production

Le document SCRS/2015/073 a présenté une stratégie générique pour mener l'évaluation des stocks qui avait été proposée à la réunion de préparation des données sur le thon obèse (*Thunnus obesus*) de l'Atlantique, c'est-à-dire i) convenir à l'avance des hypothèses à tester ; ii) vérifier la convergence ; iii) identifier la violation des hypothèses en représentant les valeurs résiduelles ; iv) utiliser des méthodes, telles que l'eustachage ("jack knife") ou le bootstrap pour identifier les problèmes avec les données et les spécifications du modèle ; et v) réaliser des simulations pour évaluer la capacité prédictive et, partant, la solidité de l'avis. Même si les diagnostics présentés étaient pour un modèle dynamique de biomasse, ils sont génériques et applicables aux modèles qui utilisent différents jeux de données et une variété de structures. Plus la complexité des modèles augmente, plus les diagnostics acquièrent d'importance pour comprendre la solidité des estimations et la façon dont elles sont incorporées dans l'avis de gestion. Les diagnostics rendent également le processus d'évaluation des stocks plus transparent et contribuent à identifier les domaines qui nécessitent plus de connaissances et de meilleures données. Les diagnostics ont été présentés et le Groupe a discuté de possibilités alternatives pour la forme de la fonction de production et des indices d'abondance à utiliser. Cette présentation visait à se mettre d'accord sur une stratégie pour effectuer l'évaluation du stock de thon obèse de l'Atlantique plutôt qu'à entrer dans les détails techniques de cette analyse. Le Groupe a souligné l'utilité de l'approche et a tenté de l'appliquer aux modèles de production.

Un modèle de production excédentaire ASPIC a été appliqué à la pêcherie de thon obèse de l'Atlantique au cours de la réunion pour évaluer l'état actuel du stock. Les études du cycle vital ont été utilisées pour montrer que le modèle de production logistique (Schaefer) n'est probablement pas approprié pour les thonidés (Maunder, 2003) et que  $B_{PME} < 0$ ,  $5 B_0$  est probablement plus réaliste. Cependant, il y a rarement suffisamment d'informations dans les jeux de données d'évaluation des stocks pour estimer la forme du paramètre de la fonction de production. Par conséquent, la fonction de production de Fox a été utilisée. Le Groupe a décidé de lancer un modèle initial en utilisant les séries de CPUE incluses dans le tableau 10 du rapport de la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse (SCRS/2015/011) (**Figure 15**). Les scénarios suivants incluaient l'utilisation de différents indices de CPUE individuels ainsi qu'un indice combiné qui représentait un scénario de continuité à partir de 2010. Les détails des différents scénarios de modèles sont décrits dans le **Tableau 4**. La procédure de diagnostic générique proposée lors de la réunion de préparation des données (SCRS/2015/073) a été utilisée afin de choisir les scénarios pour l'avis.

#### 3.2 Modèles statistiques de prise par âge : Stock Synthèse

Une évaluation initiale du stock de thon obèse de l'Atlantique a été réalisée avant la réunion d'évaluation du stock de thon obèse de 2015. Les postulats complets et les entrées de données du modèle sont décrits dans le SCRS/2015/126. Les entrées ont été discutées et suggérées à la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse (SCRS/2015/011). Les postulats et configurations clefs du « modèle » initial sont les suivants :

- 15 flottilles, telles que spécifiées à la réunion 2015 de préparation des données sur le thon obèse (**Tableau 2**).
- Trois régions (Nord de 25°N, entre 25°N et 15°S et Sud de 15°S) qui séparent les eaux tropicales des eaux tempérées ;
- La croissance a été modélisée en ajustant une courbe de croissance dans le cadre du modèle (**Figure 16**). Le Groupe plus a été spécifié comme étant 10 +.
- Le Secrétariat de l'ICCAT a fourni les échantillons de fréquence des tailles ; aucune donnée de prise par taille n'a été utilisée.
- Le déplacement inter-zone du thon obèse a été modélisé pour tenir compte du postulat selon lequel le frai a lieu en hiver (saison 1 : janvier, février, mars) et surtout dans la zone 2. Une migration annuelle d'au moins une partie du stock reproducteur commence au printemps (saison 2 : avril, mai, juin) de la zone de frai, vers le Nord vers les zones trophiques (zone 1). Dans la saison 4 (octobre, novembre, décembre), le poisson est retourné dans la zone 2.
- Le cadre temporel du modèle était 1950-2014.
- $Wt = (2,396E-05)*TL2,9774$  (**Figure 16**).

- Le calendrier de maturité utilisé était celui qui avait été adopté lors d'évaluations précédentes : 0% pour les âges 0-2, 50% pour l'âge 3, et 100% pour les âges 4-10+ (**Figure 16**).
- Le M spécifique à l'âge a été calculé au moyen d'une fonction de Lorenzen (2005) en employant la référence  $M=0,2794$  sur toutes les classes d'âge "complètement sélectionnées" (1-15). Le M de référence a été calculé par approximation au moyen d'un âge maximum de 15 ans. Le vecteur M a été développé à l'aide de la courbe de croissance (2005) de Hallier *et al.* (**Figure 16**).
- Relation stock-recrutement de Beverton Holt. La pente à l'origine de la relation stock-recrutement (*steepness*) a été estimée,  $\sigma-r$  a été fixée à 0,60 et l'on a estimé que le recrutement était égal dans toutes les saisons et régions. Le recrutement pour chacune des trois zones a été estimé de telle façon que la zone 1 et la zone 3 recevaient une quantité égale de recrues et le pourcentage allant à la zone 2 a été estimé dans le modèle, à partir des informations sur les débarquements, la CPUE et la longueur. La distribution des recrues par saison et zone est demeurée constante chaque année. Les déviations dans le recrutement annuel ont été estimées de 1974 à 2013.
- La sélectivité basée sur la longueur a été estimée pour chacune des 15 flottilles.
- On a permis que la sélectivité asymptotique pour les flottilles palangrières dans les zones 1 et 3 (flottilles 10, 12, 13 et 15) et pour les flottilles palangrières dans la zone 2 (flottilles 11 et 14) soit en forme de cloche.

Les données de marquage n'ont pas été incluses car on a estimé qu'elles ne reflèteraient pas fidèlement la migration entre les zones, en particulier entre les zones 1 et 2. La liste des séries de CPUE incluses dans le modèle est présentée dans le **Tableau 5**. Le Groupe a examiné le modèle initial présenté par l'auteur et un certain nombre de scénarios supplémentaires du modèle ont été discutés, proposés et exécutés. Il a été noté qu'il y a des contradictions dans l'information fournie par les séries de CPUE et les données de fréquence des tailles et que, par conséquent, des scénarios supplémentaires du modèle avec des variations dans la pondération de ces séries ont aussi été réalisés. Il a également été discuté si la *steepness* devrait être estimée chaque fois que l'information disponible n'est pas suffisante pour estimer ce paramètre et l'on a conclu d'utiliser différentes valeurs de *steepness* de 0,7, 0,8 et 0,9. Il a également été convenu d'utiliser différentes courbes de croissance d'Hallier *et al.* (2005) en ayant recours à la courbe de croissance de Von Bertalanffy ajustée à la fois aux données des otolithes et aux données de marquage (celle utilisée dans l'évaluation précédente – voir le tableau 2 de la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse) ou bien à la courbe de croissance de Richards ajustée aux données des otolithes. Enfin, le profilage des vraisemblances a été réalisé afin d'explorer pleinement les configurations du modèle et de décider sur d'éventuels cas de base.

Les détails de ces scénarios sont fournis dans le **Tableau 6**.

### 3.3 VPA

On a présenté au Groupe un modèle de VPA initial, basé sur le modèle de VPA de 2010 (Anon., 2011a), mais incorporant des données mises à jour et plusieurs formulations nouvelles. Les spécifications complètes du modèle se trouvent à l'**Appendice 4**. Le modèle a été exécuté à l'aide du logiciel VPA-2BOX et a utilisé les données actualisées de capture par âge spécifiées à la section 2 ainsi que les indices de CPUE spécifiés dans le **Tableau 7**, tel que convenu à la réunion de préparation des données. Les postulats biologiques utilisés pour le scénario du modèle étaient les suivants :

Un vecteur M de Lorenzen a été inclus, avec la référence  $M = 0,2794$  dans les classes d'âge « entièrement sélectionnées » (1-15), (**Figure 17**). Le M de référence a été calculé par approximation au moyen d'un âge maximum de 15 ans et de la courbe de croissance d'Hallier *et al.* (2005). Pour les scénarios supplémentaires :

- Tous les F terminaux ont été estimés.
- Les CV des indices ont été augmentés à 0,4.
- Le ratio de F a été estimé en quatre blocs temporels.
- On a augmenté l'âge du groupe-plus jusqu'à 10 + et 13 +

Après examen des sorties du modèle initial, le Groupe a recommandé d'effectuer plusieurs modifications. Ces postulats des scénarios additionnels du modèle sont décrits dans le **Tableau 8**.

## 4. Résultats de l'état du stock

### 4.1 Modèles de production

La procédure pour rejeter les scénarios<sup>1</sup> se basait sur les diagnostics recommandés par le Groupe de préparation des données. Trois scénarios ont été choisis pour représenter l'état du stock et les tendances historiques, c'est-à-dire :

- **Scénario 1** : Indice palangrier des États-Unis (US).
- **Scénario 2** : Indice palangrier du Japon (Japon).
- **Scénario 3** : Fin de période palangrière du Taipei chinois (Taipei chinois fin).

Le Groupe a aussi sollicité une analyse de sensibilité pour quelques scénarios qui comprenaient plusieurs indices qui ont été choisis en fonction de leur corrélation (**Figure 18**) et corrélation croisée (**Figure 19**) :

- **Mult 1**: Taipei chinois - indices palangriers de début et de fin de période.
- **Mult 2**: Indices palangriers de fin de période pour le Taipei chinois et l'Uruguay.
- **Mult 3**: Japon, début de période pour l'Uruguay et palangre des États-Unis.

On a également examiné un autre scénario d'évaluation utilisant un indice composite créé à partir des CPUE standardisées (Tableau 10, rapport de la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse) en utilisant la même procédure que celle de la dernière évaluation du scénario de continuité.

La **Figure 20** montre l'indice composite utilisé en 2010 et celui créé en 2015, en utilisant la même procédure que celle de 2010, avec les indices de CPUE convenus pour ASPIC et décrits au Tableau 10 du rapport de la réunion de 2015 de préparation des données sur le thon obèse. Les résultats des ajustements d'ASPIC aux deux indices sont comparés dans la **Figure 21** et les estimations de la biomasse du stock et des taux de capture par rapport aux paramètres de la PME sont illustrées à la **Figure 22**, où l'évaluation de 2010 est projetée de 2010 à 2014 en utilisant les prises déclarées.

Les profils des sommes résiduelles des carrés ont été tracés pour vérifier qu'un minimum avait véritablement été trouvé. La **Figure 23** montre les profils pour la PME.

#### 4.1.1 Analyses résiduelles

En général, les schémas dans les valeurs résiduelles des ajustements de la CPUE à l'abondance du stock pourraient indiquer une violation des postulats du modèle, qui à son tour, pourrait aboutir à des estimations biaisées des paramètres, des points de référence et des tendances des stocks. La **Figure 24** montre le diagramme de la CPUE observée par rapport aux valeurs ajustées pour les différents scénarios d'évaluation (la ligne bleue est une régression linéaire ajustée à des points et la ligne noire est la ligne  $y = x$ ). Si l'indice est un bon indice approchant pour l'abondance des stocks, les deux lignes devraient coïncider. Les valeurs résiduelles sont ensuite tracées par rapport à l'année avec une fonction de lissage loess (**Figure 25**) pour indiquer des schémas systématiques susceptibles d'indiquer que l'indice est un mauvais indice approchant pour l'abondance du stock. En outre, les estimations de la variance obtenues via bootstrap postulent que les valeurs résiduelles sont identiquement et indépendamment distribuées (IID). La **Figure 26** montre un diagramme Quantile-quantile visant à comparer la distribution résiduelle avec la distribution normale. À la **Figure 27**, les valeurs résiduelles sont tracées par rapport à la valeur ajustée, afin de vérifier la relation de la variance. Il est postulé que les valeurs résiduelles ne sont pas autocorrélées, puisque d'importantes autocorrélations pourraient être dues à une augmentation de la capturabilité avec le temps ; ce qui peut entraîner une estimation plus optimiste de l'état actuel des stocks car toute baisse du stock est masquée par une hausse de capturabilité. À la **Figure 28**, les valeurs résiduelles sont tracées l'une par rapport à l'autre avec un décalage de 1 pour identifier l'autocorrélation. L'utilisation de plusieurs indices se traduit par une violation de tous les postulats susmentionnés.

Les **Figures 29 et 30** font apparaître la tendance prédite des stocks par indice pour les scénarios multiples, c'est-à-dire en échelonnant les observations par capturabilité. Cela contribue également à identifier les indices qui ne suivent pas correctement le stock.

<sup>1</sup> Un développement possible, plausible, cohérent de façon interne mais pas nécessairement probable (Field, 2012).

#### 4.1.2 Situation actuelle

Sur la base des diagnostics décrits ci-dessus, trois scénarios ASPIC utilisant des indices distincts de CPUE ont été sélectionnés pour fournir un avis sur l'état des stocks, les niveaux de biomasse et le taux de capture (**Figure 31**). Les résultats d'ASPIC montrent que la biomasse du stock a diminué depuis le début de la série temporelle dans les années 1950 avec une forte baisse, ce qui correspond à une forte augmentation de la mortalité par pêche et de la capture dans les années 1990 et un record de mortalité par pêche à la fin des années 1990. Depuis la fin des années 1990, les trajectoires de la biomasse et de la mortalité par pêche des trois scénarios sont différentes. Alors que la biomasse s'est accrue et que la mortalité par pêche a diminué dans le scénario 3, dans les scénarios 1 et 2 la biomasse a poursuivi sa baisse, chutant à un rythme plus faible, et la mortalité par pêche a dégagé une tendance généralement ascendante dans le scénario 2 (sauf les trois dernières années où elle a diminué) et elle était assez stable dans le scénario 1.

La **Figure 32** montre les trajectoires estimées par bootstrap des scénarios 1, 2 et 3 de la biomasse et du taux de capture par rapport aux paramètres de référence de la PME. Les trois montrent des trajectoires similaires de mortalité par pêche croissante et de biomasse décroissante vers la zone rouge du diagramme de Kobe ( $F > F_{PME}$  et  $B < B_{PME}$ ) jusqu'à la fin des années 1990, mais les scénarios 1 et 2 estiment qu'en moyenne le stock se trouve encore dans la zone rouge depuis 2000, tandis que le scénario 3 estime qu'un rétablissement vers la zone verte est apparent depuis le milieu des années 2000. La **Figure 33** montre les diagrammes de phase de Kobe par scénario. Les résultats fondés sur les trois cas suggèrent que l'état des stocks au cours de ces dernières années a varié en fonction des cas (le ratio  $B_{2014}/B_{PME}$  varie de 0,554 à 1,225 et le ratio  $F_{2014}/F_{PME}$  varie de 0,576 à 1,436, **Tableau 9**). Les diagrammes de phase combinés de trois cas sont présentés à la **Figure 34**. On estime que la PME se situe entre 66.030 t et 86.830 t (**Tableau 9**), ce qui est inférieur (scénario 1) et supérieur (scénarios 2 et 3) à la capture de 2014 (68.390 t).

#### 4.2 Stock Synthèse

Le Groupe a choisi 12 configurations du modèle afin de formuler un avis sur l'état des stocks et un avis de gestion (**Tableau 10**).

Les résultats du modèle ont indiqué que la biomasse du stock reproducteur et le recrutement ont régulièrement diminué (**Figure 35**). Les données de CPUE utilisées pour ajuster le modèle tendent à indiquer que le stock est moins productif tandis que l'information contenue dans les données de taille et de taille par âge indique une plus grande productivité.

La **Figure 36** montre la biomasse relative et la mortalité par pêche estimées depuis 1950 pour tous les scénarios. Ces résultats montrent que la mortalité par pêche a augmenté régulièrement depuis le début de la série temporelle et a rapidement augmenté à la fin des années 1990, dépassant le niveau correspondant à  $F_{PME}$  dans la moitié des scénarios. Dans les années 2000,  $F$  a fluctué et a légèrement diminué, se trouvant en dessus ou en dessous de  $F_{PME}$  en fonction des scénarios étudiés. Le  $F$  a fortement augmenté à la fin des années 2000 quand  $F > F_{PME}$  en 2011 pour tous les scénarios (a enregistré un chiffre record, soit le double que  $F_{PME}$  selon le scénario 51h7) et a diminué au cours des trois dernières années dans tous les scénarios. Dans sept scénarios sur 12, la mortalité par pêche est maintenue à des niveaux supérieurs à  $F_{PME}$  en 2014. En ce qui concerne la biomasse, celle-ci a diminué constamment depuis le début de la série temporelle et a chuté en-dessous des niveaux de  $B_{PME}$  à la fin des années 1990 ou 2000 en fonction du scénario. Depuis 2010, on estime que la biomasse est en-dessous du niveau de  $B_{PME}$  dans tous les scénarios. Les **Figures 37** et **38** montrent les diagrammes de phase de Kobe par scénario et incluent tous les scénarios dans un diagramme, respectivement.

Le **Tableau 11** présente la PME estimée et les paramètres liés à la PME pour tous les modèles.

#### 4.3 VPA

Le scénario 21 montre les tendances comparables aux scénarios produits à l'aide de SS3 et du modèle de production excédentaire en ce qui concerne le stock et la capture par rapport aux paramètres de la PME. Toutefois, le Groupe a décidé de ne pas utiliser ce modèle pour fournir des informations sur l'état des stocks en raison des préoccupations exprimées en ce qui concerne le découpage des âges, la convergence du modèle et d'autres diagnostics problématiques du modèle.

Le scénario 21 indique que la mortalité par pêche estimée par la VPA a progressivement augmenté depuis 1975, avec un pic en 2004 (**Figure 39**). La mortalité par pêche est la plus élevée aux âges 0 et 1, avec un second pic à

cinq ans, puis elle diminue aux âges plus avancés. On estime que le F-ratio est bien au-dessus de 1, ce qui indique que le modèle estime une vulnérabilité en forme de cloche.

Le modèle indique également une diminution de la biomasse du stock reproducteur depuis le milieu des années 1970, laquelle ne s'est pas rétablie malgré les récentes réductions de capture (**Figure 40**). On a postulé le recrutement moyen sur toute la série temporelle pour calculer les quantités des paramètres de référence ( $F_{0,1}$  et  $SSB_{F0,1}$  ont été utilisés comme indices approchant de la PME) pour évaluer l'état du stock relatif pour la VPA (**Figure 40**). Les estimations par bootstrap de l'état des stocks indiquent que le stock est surexploité (**Figure 40**) et que stock ne fait pas actuellement l'objet de surpêche (médiane du bootstrap = 0,896 par opposition à la MLE = 0,925, **Tableau 12**). Il est à noter que le stock ne fait pas l'objet de surpêche parce que les trois dernières années du recrutement ont été remplacées par la moyenne à long terme. Si, en revanche, on utilisait les estimations brutes du recrutement obtenues par la VPA, les taux de mortalité par pêche se situeraient, selon les estimations, au-dessus de  $F^{0,1}$ . Une documentation plus complète sur le modèle est disponible à l'**Appendice 4**.

#### 4.4 Synthèse des résultats de l'évaluation

Afin d'évaluer la solidité de la procédure utilisée pour formuler un avis en 2010, un nouvel indice composite a été créé en utilisant la même méthodologie et un scénario avec ASPIC a été exécuté avec une configuration similaire à celle employée en 2010 (que l'on appelle un cas de continuité) à l'aide des dernières données de capture allant jusqu'en 2014. Pour comparer les deux évaluations, l'évaluation de 2010 a été projetée (c.-à-d. en réalisant une simulation) en utilisant les données de capture de 2010 à 2014. Cela permet de comparer les changements survenus dans la perception du stock découlant uniquement de l'ajout ou de l'actualisation des jeux de données utilisés pour ajuster le modèle de production employé pour fournir le principal avis sur l'état des stocks en 2010. Ce nouveau scénario diffère uniquement de celui de 2010 en ce que les estimations de la capture contiennent des années de données additionnelles (2010-2015), et que l'indice combiné d'abondance a été estimé avec des indices qui ont été présentés/convenus pendant la réunion de préparation des données de 2015. De grandes différences sont apparues entre le scénario de continuité de 2015 et l'évaluation et la projection de 2010, lesquelles étaient dues à la grande différence existant entre les indices composites de 2010 et ceux de 2015. En outre, il s'est avéré difficile de recréer la série de CPUE combinée lorsque les CPUE des CPC ont été mises à jour d'une manière différente à celle de la dernière évaluation. Le fait d'utiliser des indices combinés, lorsque des indices individuels dégagent des tendances contradictoires, donnera lieu à des estimations de biomasse/capture moyennes/intermédiaires qui diffèrent de celles réalisées lors de l'ajustement aux indices individuels. Par conséquent, les indices devraient être évalués séparément ou conjointement dans l'évaluation des stocks à l'aide de diagnostic appropriés.

En 2015, pour maintenir la continuité avec la démarche utilisée pour élaborer l'avis précédent pour le thon obèse de l'Atlantique, les résultats des modèles de production en conditions de non équilibre ont été utilisés pour fournir des informations sur l'état de la ressource ; ceux-ci incluaient les scénarios 1, 2 et 3, qui se servaient d'indices de CPUE individuels différents. Ces résultats ont été complétés par les résultats d'un modèle d'évaluation des stocks statistique intégré (SS3), qui peut tenir compte des changements dans la sélectivité. Même si les modèles de VPA tiennent également compte des changements de sélectivité, étant donné que les résultats de la VPA étaient incertains en ce qui concerne la taille absolue du stock et qu'ils faisaient apparaître des problèmes de convergence, les résultats du modèle VPA n'ont pas servi à formuler l'avis de gestion.

La biomasse du stock estimée à partir des trois scénarios du modèle de production est en diminution depuis le début de la série temporelle dans les années 1950 (**Figure 31**). Parallèlement à une brusque hausse de la mortalité par pêche et des captures dans les années 1990 et à un record de mortalité par pêche à la fin des années 1990, la biomasse a dégagé une forte baisse au cours de la même période. Depuis la fin des années 1990, les trajectoires de la biomasse et de la mortalité par pêche des trois scénarios sont différentes. Alors que la biomasse s'est accrue et que la mortalité par pêche a diminué dans le scénario 3, dans les scénarios 1 et 2 la biomasse a poursuivi sa baisse, chutant à un rythme plus faible, et la mortalité par pêche a dégagé une tendance généralement ascendante dans le scénario 2 (sauf les trois dernières années où elle a diminué) et elle était assez stable dans le scénario 1. Les trois scénarios montrent des trajectoires similaires de F croissant et de B décroissante vers la zone rouge du diagramme de Kobe ( $F > F_{PME}$  et  $B < B_{PME}$ ) jusqu'à la fin des années 1990, mais les scénarios 1 et 2 estiment qu'en moyenne le stock se trouve encore dans la zone rouge depuis 2000, tandis que le scénario 3 estime qu'un rétablissement vers la zone verte est apparent depuis le milieu des années 2000 (**Figure 32**). La PME actuellement estimée à l'aide des trois scénarios du modèle de production fluctue entre 66.030 t et 86.830 t.

Le modèle intégré, SS3, a été exécuté avec 12 configurations différentes pour caractériser l'incertitude dans les

paramètres du modèle. Les résultats du modèle SS3 indiquent que la mortalité a augmenté régulièrement depuis le début de la pêcherie, qu'elle s'est rapidement amplifiée à la fin des années 1990, fluctuant autour du niveau correspondant à  $F_{PME}$  dans les années 2000, puis qu'elle s'est brusquement intensifiée à la fin des années 2000 où  $F > F_{PME}$  en 2011 et qu'elle a ensuite chuté au cours des trois dernières années même si elle a été maintenue à des niveaux supérieurs à  $F_{PME}$  dans sept des 12 scénarios. En ce qui concerne la biomasse, celle-ci a constamment diminué depuis le début de la série temporelle et a chuté et est demeurée en dessous des niveaux de  $B_{PME}$  depuis 2010. La PME actuellement estimée à l'aide des 12 scénarios du modèle SS fluctue entre 80.889 t et 102.268 t.

La plupart des scénarios SS donnent une opinion similaire par rapport aux scénarios ASPIC en ce qui concerne l'évolution historique des tendances relatives de la biomasse et de la mortalité par pêche. Les deux modèles d'évaluation (ASPIC et SS3) suggèrent que la biomasse a diminué au cours de la période étudiée, à l'exception du scénario 3 d'ASPIC où l'on observe un rétablissement depuis 2005. En ce qui concerne la mortalité par pêche, les deux modèles d'évaluation montrent que  $F$  a brusquement augmenté à la fin des années 90, qu'il a ensuite fluctué pour atteindre un niveau similaire à celui de la fin des années 1990 en 2004/2005 et qu'il s'est à nouveau intensifié en 2011 pour chuter au cours des trois dernières années. La gamme des valeurs de la PME estimées par SS3 est cependant plus grande que celles estimées par ASPIC.

## 5. Projections

La Résolution 13-10 adoptée par la Commission fournit des instructions détaillées sur l'information qui devrait être incluse dans la matrice de stratégie de Kobe. En 2010, le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation (Anon., 2011b) a formulé des recommandations supplémentaires visant à faciliter la construction et l'interprétation de la matrice de stratégie de Kobe II (p.ex. directives pour l'application, spécifications concernant les méthodes de projection et recommandations pour l'élaboration des matrices de Kobe). Le Groupe a donc basé les perspectives suivantes pour le thon obèse de l'Atlantique sur les projections et la matrice de stratégie de Kobe.

Compte tenu de l'incertitude quantifiée dans l'évaluation de 2015, les perspectives pour le thon obèse sont présentées aux **Tableaux 13 et 14** et aux **Figures 41 et 42** qui fournissent une caractérisation des perspectives du stock d'atteindre le quadrant vert du diagramme de Kobe ou de s'y maintenir pour différents niveaux de mortalité par pêche et de prise constante future. Les tableaux et les figures se fondent sur les 500 simulations par bootstrap réalisées pour chacun des trois scénarios évaluation d'ASPIC, auxquels on a accordé la même importance. Les projections de  $F$  ont été réalisées pour les multiplicateurs sur la dernière année  $F$ .

### ASPIC

Les estimations de stocks soumises au bootstrap d'ASPIC (500 simulations) ont été projetées pendant 15 ans (voir section 4.1) pour les trois scénarios. En 2015, la prise a été établie comme étant la prise déclarée en 2014 (68.390 t) et par la suite (2016-2035) le stock a été projeté avec des TAC de 0 et de 40.000 t à 100.000 t à intervalles de 10.000. Des projections basées sur des scénarios de  $F$  constant ont également été réalisées, i.e. pour un multiplicateur sur la dernière année des  $F$  de 0 à 1,5 à des intervalles de 0,15. Les résultats des projections de capture constante dans la biomasse du stock et le taux de capture sont illustrés dans les **Figures 43 et 44** et par rapport aux paramètres de la PME dans les **Figures 45 et 46** pour la biomasse et les taux de capture, respectivement. La médiane des estimations des projections a montré que le stock devrait se rétablir dans le laps de temps projeté si la prise constante future des scénarios 1 et 2 (utilisant les indices de CPUE palangrière du Japon et des États-Unis, respectivement) est inférieure à 65.000 t (un niveau similaire de la gamme inférieure de la PME estimée à 66.000 t par ASPIC), et si le  $F$  constant (par rapport au  $F$  récent) de chaque cas se situait autour de 75 % (**Figure 47**). Pour le scénario 3, les projections indiquent que le stock sera maintenu dans le quadrant vert du diagramme de Kobe ( $B > B_{PME}$  et  $F < F_{PME}$ ) avec des captures de 90.000 t et un  $F$  aux niveaux actuels.

Les projections aux niveaux actuels de capture (~ 65.000 t) indiquent que le stock a une probabilité de 47 % de rétablissement avant la fin de la période de projection (2028). La probabilité de rétablissement du stock avec le niveau actuel du TAC (85.000 t) avant la fin de la période projetée tournerait autour de 32 %. De plus grandes probabilités de rétablissement nécessitent des délais plus longs et/ou de plus fortes réductions des captures actuelles. À titre d'exemple, le rétablissement serait atteint avec 75% de probabilité d'ici à 2028 avec une prise constante de 50.000 t (**Tableau 13**).

## SS3

Faute de temps, aucune projection n'a été effectuée. Cependant, les données d'entrée et les spécifications des projections ont été discutées et le Groupe a décidé d'exécuter des projections stochastiques à l'aide de 12 scénarios convenus lors de la réunion qui englobent l'incertitude structurelle de l'évaluation actuelle de SS3.

## 6. Recommandations

### 6.1 Recherche et statistiques

- Les données brutes de taille de l'échantillonnage des senneurs européens de 1980 à 2014, telles que requises par le SCRS, ont été en partie fournies à l'ICCAT puisque tous les échantillons de taille français de la Tâche II (toutes espèces) à partir de 1980 ont été soumis. Ainsi, le Groupe recommande que les données brutes de taille d'autres programmes d'échantillonnage de senneurs soient fournies à l'ICCAT.
- Le Groupe recommande de fournir des estimations de la variance du poids par taille estimé pour les relations présentées lors de la réunion, afin d'envisager d'actualiser la relation poids-taille actuellement utilisée par l'ICCAT.
- Notant que la CPUE des juvéniles capturés sous DCP par les senneurs, une fois standardisée, peut être utilisée comme un indicateur de l'indice de recrutement dans les modèles d'évaluation des stocks, le Groupe recommande que l'indice de la CPUE standardisée pour les juvéniles d'albacore et de thon obèse capturés par les flottilles européennes de senneurs soit estimé et soumis à la prochaine réunion du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux (p. ex. la réunion de préparation des données sur l'albacore) avant la prochaine série d'évaluations des stocks de thonidés tropicaux.
- Le Groupe a noté que le changement dans la composition par taille des prises des flottilles palangrières du Taipei chinois aux alentours de 2005, faisant apparaître de plus grands poissons à partir de cette période, pourrait être lié à des changements dans la stratégie de pêche dus à l'introduction du contrôle et de la surveillance dans les réglementations internes. Le Groupe recommande que les fréquences de taille du Taipei chinois soient revues en ce qui concerne d'éventuels changements dans les stratégies d'échantillonnage dus aux réglementations internes.
- Le Groupe a examiné et comparé la prise par taille mise à jour du thon obèse fournie par le Japon et le jeu de données dont dispose actuellement le Secrétariat. Des différences ont été constatées entre les distributions de fréquence des tailles par année et le nombre total estimé de poissons capturés par an. Si l'on compare les débarquements estimés à la Tâche I déclarée, des différences significatives sont également apparues pour quelques années. Le Groupe demande au Japon de revoir ces différences et de déclarer au Groupe les raisons expliquant ces différences, en indiquant quelles seront les meilleures estimations scientifiques de la prise totale.
- La mortalité naturelle par âge a été identifiée comme étant l'un des paramètres les plus importants dans les évaluations des stocks de thonidés. Même si le Groupe a considéré que la forme logistique du vecteur M de Lorenzen utilisé dans les modèles d'évaluation était réaliste, il conviendrait de mener de nouveaux travaux visant à estimer les autres vecteurs de la mortalité naturelle à l'âge. Ces estimations alternatives de mortalité naturelle devraient couvrir par exemple : (i) la comparaison aux valeurs de M utilisées dans d'autres ORGP thonières, (ii) M estimé par d'autres méthodes, (iii) indications à partir des données de marquage de la CTOI et de l'Atlantique par l'intermédiaire du programme AOTTP. Par conséquent, le Groupe recommande d'analyser différents vecteurs de M comme une analyse de sensibilité dans les prochaines évaluations de stocks de thon obèse.
- L'analyse statistique des données des livres de bord et des échantillonnages des senneurs de l'UE (et de la flottille des pavillons associés) devrait être réalisée par les scientifiques de l'UE afin d'examiner la méthodologie actuelle pour estimer les captures et les tailles par espèce de la flottille de senneurs. Cette étude devrait se concentrer sur les points suivants, classés par ordre de priorité: (1) la révision et l'identification des meilleures strates spatiotemporelles devant être utilisées dans le traitement des données et (2) la révision des critères de base devant être utilisés dans un système amélioré de traitement des données (p. ex. concernant les niveaux minimaux des échantillons utilisés, le taux d'échantillonnage et le nombre de poissons mesurés et, si nécessaire, les règles utilisées dans la substitution des strates).

- Le Groupe recommande de poursuivre la récupération des statistiques des pêcheries d'Angola, notamment des pêcheries de thonidés tropicaux. Le Groupe appuie les efforts déployés par le Secrétariat et le programme JCAP en vue de continuer à travailler avec les scientifiques angolais et les CPC participant à la capture des thonidés tropicaux au sein de la ZEE angolaise (flottilles étrangères) afin de confirmer le niveau des captures et si celles-ci ont été déclarées à l'ICCAT, ou si cela n'a pas encore été fait. Le Groupe a demandé qu'un rapport soit présenté à la prochaine réunion du Groupe d'espèces à des fins d'examen.
- Le Groupe s'est interrogé sur la qualité des statistiques halieutiques (Tâches I et II) transmises au Secrétariat par les différentes CPC. Un formulaire a été préparé et sera circulé aux principales CPC de capture, afin de leur demander de soumettre des détails sur leurs programmes d'échantillonnage et de collecte de données ainsi que sur les protocoles aux fins de l'estimation des statistiques halieutiques dans d'autres groupes d'espèces de l'ICCAT. Il a été recommandé qu'un formulaire similaire soit proposé pour les pêcheries de thonidés tropicaux, afin de fournir au Groupe des informations pouvant être utilisées pour évaluer la qualité des données des pêcheries soumises.
- Dans le plan global d'amélioration des statistiques du Ghana, en 2014, le SCRS a recommandé de développer et d'appliquer le logiciel nécessaire au traitement des statistiques du Ghana. À sa réunion annuelle de 2014, la Commission a estimé que cette activité pouvait être financée par d'autres sources (p. ex. JCAP) et ne l'a pas incluse dans la liste des activités que la Commission a par la suite approuvées. Le budget estimé du JCAP pour 2015 ne sera pas en mesure de couvrir le coût total de ce projet. Le Groupe recommande donc que le Secrétariat cherche des financements alternatifs pour mener à bien cette activité.
- Faute de données sur la biologie reproductive du thon obèse et en raison de l'importance que revêtent ces données dans tous les modèles d'évaluation des stocks, le Groupe a recommandé, à titre prioritaire, de réaliser dès que possible des études sur la biologie reproductive (maturité, fécondité, etc.).
- Le Groupe recommande la collecte systématique des observations directes de la taille par âge afin qu'elles soient utilisées dans les modèles intégrés et à des fins d'estimation de la croissance. Cela pourrait être réalisé au moyen de lectures directes d'otolithes ou d'autres méthodes de détermination directe de l'âge parallèlement avec des informations sur la croissance issues du marquage.
- Le Groupe recommande aux CPC de participer au financement afin d'atteindre les 20 % nécessaires au co-financement de l'AOTTP.

## 7. Autres questions

### 7.1 Révision des premières étapes de l'AOTTP

Le Secrétariat a informé le Groupe des progrès réalisés dans le Programme de marquage des thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique (AOTTP). Le contrat entre l'Union européenne et l'ICCAT a été récemment signé une fois que l'ICCAT a accepté d'engager des fonds (capital), conformément aux exigences des normes de financement établies par l'UE. Le contrat signé a une durée de cinq ans avec la possibilité d'une prolongation de 18 mois pour l'analyse des données.

Le Secrétariat a élaboré les exigences pour le recrutement des membres les plus urgents de l'équipe de l'AOTTP. L'avis de vacance pour les trois premiers postes à durée déterminée au Secrétariat de l'ICCAT (coordinateur du Programme ; agent administratif et financier ; et comptable) a été publié le 30 juin et la date limite pour le dépôt des candidatures a été fixée au 4 septembre 2015. Le Groupe a été informé que selon les termes du contrat, quatre postes supplémentaires à durée déterminée pourraient être créés au cours de la période de mise en œuvre du Programme (coordonnateur adjoint ; coordonnateur de la publicité et des récupérations de marques ; et deux assistants chargés de la saisie des données). Il est prévu que les trois postes initiaux soient pourvus au moment de la réunion annuelle de 2015 du SCRS. Avant la fin de 2015, commencera le processus d'embauche des autres membres de l'équipe. Le programme actuel prévoit de commencer le marquage des poissons au cours du premier semestre de 2016.

Le Groupe a appris que le Taipei chinois et les États-Unis s'étaient déjà engagés à cofinancer €25.000 et \$30.000, respectivement. En outre, le Brésil a récemment manifesté son intérêt en faveur d'un cofinancement supplémentaire (€ 30.000). Au cours de la récente réunion du Groupe de travail chargé d'amender la Convention, les Présidents de la Commission et du STACFAD ont convenu que le Secrétariat pourrait faire usage du Fonds

de roulement pour le cofinancement du Programme, mais cette décision sera examinée plus exhaustivement à la prochaine réunion de la Commission en novembre 2015. Le Président du SCRS a encouragé les participants à travailler avec leurs délégations afin de rechercher les fonds nécessaires et il a souligné l'importance de ce projet pour les travaux du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux.

Le Groupe a brièvement discuté de la possible composition du comité directeur de l'AOTTP, soulignant la nécessité d'une expertise équilibrée, de la représentativité géographique et de l'efficacité au sein du comité directeur. Le Groupe a également souligné l'importance que le membre externe n'ait aucune relation actuelle ou récente avec l'ICCAT. La participation du membre externe peut fournir un avis indépendant pour appuyer des décisions et apporter l'expertise qu'il a acquise dans des pêcheries non thonières. Le Groupe a reconnu que pour maintenir l'efficacité du comité directeur, des règles claires de procédure devront être établies pour définir les responsabilités de chaque membre du comité et du coordonnateur du programme AOTTP.

Enfin, le Groupe a examiné les possibilités exceptionnelles qu'offre l'AOTTP aux chercheurs qui s'intéressent aux thonidés tropicaux, ce programme représentant une chance unique de réaliser d'autres projets susceptibles de compléter et de tirer parti de l'AOTTP comme une plate-forme visant à l'amélioration de la collecte des données et du prélèvement d'échantillons, destiné à combler les lacunes actuelles sur les aspects liés à la biologie et aux pêcheries de thonidés tropicaux. Toutefois, le Groupe a souligné que ces efforts doivent être coordonnés, pour s'assurer qu'ils ne compromettent pas les objectifs de l'AOTTP.

### **7.2 Définition de la procédure visant à actualiser l'analyse des effets du moratoire actuel sur les DCP**

Le paragraphe 26 de la Rec. 14-01 de l'ICCAT prévoit que le SCRS doit analyser en 2015 l'efficacité de la fermeture spatio-temporelle visée au paragraphe 24 destinée à réduire les prises des juvéniles de thon obèse, d'albacore et de listao. Le Groupe a examiné l'approche possible pour mettre à jour l'analyse précédente des effets du moratoire sur les DCP afin de répondre à cette demande de la Commission. Le Groupe a noté que les modèles d'évaluation des stocks exécutés lors de l'évaluation sur le thon obèse ne permettent pas de répondre complètement à cette question parce que le moratoire a été mis en place en 2013 et qu'il sera difficile de décrire n'importe quel effet par le biais de modèles d'évaluation des stocks sans disposer d'années supplémentaires de données. Toutefois, il a été convenu que les éventuels changements de modes d'exploitation ainsi que de tendances dans les captures de juvéniles de thon obèse et d'albacore avant et après la mise en œuvre du moratoire pourraient être examinés pour répondre à cette question. Le Groupe a également souligné qu'il serait difficile d'associer quelconque changement au moratoire, étant donné que celui-ci n'avait été mis en place qu'en 2013. Le Groupe a recommandé qu'un petit groupe *ad hoc* de participants travaille entre les sessions afin de mettre à jour et d'approfondir l'analyse qui a été élaborée et présentée au SCRS en 2014.

## **8. Adoption du rapport et clôture**

En raison du temps limité, le Groupe n'a examiné et adopté que les points 1 à 3 et partiellement les points 4 et 5 pendant la réunion. Le reste du rapport a été adopté par correspondance. Le Dr Murua a remercié le Secrétariat et les participants pour le travail intense accompli. La réunion a été levée.

## **Références**

- Anon. 2011a. Report of the 2010 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 1-186.
- Anon. 2011b. Report of the 2010 ICCAT Working Group on Stock Assessment Methods (Madrid, Spain, April 21 to 23, 2010). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(3): 1276-1340.
- Delgado de Molina A., Ariz J., Murua H. and Santana J.C. 2015. Spanish Fish Aggregating Device Management Plan. Preliminary data. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 71(1): 515-524.
- Floch L. *et al.*, 2014. Statistics of the French purse seine fishing fleet targeting tropical tunas in the Atlantic Ocean (1991-2012). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 70(6): 2669-2692.
- Hallier J.P., Stequert B., Maury O., Bard F.X. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith reading. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.

- Maunder, M. N. 2003. Is it time to discard the Schaefer model from the stock assessment scientist's toolbox? *Fisheries Research*, 61: 145-149.
- Parks W., Bard F.X., Cayré P., Kume S., Santos Guerra A. 1982. Length-weight relationships for bigeye tuna captured in the Eastern Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT*, 17(1): 214-225.
- Lopez, J., Moreno G., Sancristobal I., Murua H. 2014. Evolution and current state of the technology of echosounder buoys used by Spanish tropical tuna purse seiners in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. *Fisheries Research* 155(0): 127-137.

## TABLEAUX

**Tableau 1.** Prises estimées (t) de thon obèse (*Thunnus obesus*) par zone, engin et pavillon, adoptées par le Groupe comme étant les meilleures estimations des ponctions totales (15 juillet 2015).

**Tableau 2.** Flottes utilisées dans le modèle SS3.

**Tableau 3.** Matrice de prise par âge (CAA) pour le thon obèse pour la période 1975-2014. La prise par âge inclut les meilleures estimations des captures ghanéennes entre 2006 et 2014.

**Tableau 4.** Détails des scénarios du modèle ASPIC.

**Tableau 5.** Indices de CPUE utilisés dans le modèle SS3.

**Tableau 6.** Détails des divers scénarios du modèle SS3.

**Tableau 7.** Indices de CPUE utilisés dans le modèle VPA.

**Tableau 8.** Détails des divers scénarios du modèle VPA.

**Tableau 9.** ASPIC : Résultats des trois scénarios avec le modèle dynamique de la biomasse.

**Tableau 10.** SS3 : Douze scénarios convenus sur la base du scénario 51.

**Tableau 11.** PME et points de référence liés à la PME pour tous les 12 scénarios étudiés.

**Tableau 12.** VPA : Résumé des résultats de la VPA.

**Tableau 13.** Matrices de stratégie de Kobe 2 d'ASPIC pour les projections de prise constante utilisant la pondération égale des trois scénarios d'évaluation.

**Tableau 14.** Matrices de stratégie de Kobe 2 d'ASPIC pour les projections de F constant utilisant la pondération égale des trois scénarios d'évaluation.

## FIGURES

**Figure 1.** Meilleures estimations, par engin de pêche principal, de la prise annuelle du thon obèse pour la période 1950-2014, telles qu'adoptées par le Groupe pour l'évaluation.

**Figure 2.** Distribution spatiale de la prise de thon obèse par engin. Les lignes rouges indiquent les zones du modèle SS3. Cette figure a été fournie par le scientifique d'une CPC mais elle sera actualisée et remaniée par le Secrétariat sur la base des informations convenues révisées avant d'être incluse dans le résumé exécutif.

**Figure 3.** Tendances de la taille moyenne du thon obèse, calculées à partir de la distribution des fréquences de taille par année, trimestre et strates de pêcherie, telles que définies par le modèle Stock synthèse. La ligne représente la tendance lisse des données.

**Figure 4.** Prise par taille du thon obèse par année (axe x) et classe de taille (axe y) et par engin principal. Cette figure a été fournie par le scientifique d'une CPC mais elle sera actualisée et remaniée par le Secrétariat sur la base des informations convenues révisées avant d'être incluse dans le résumé exécutif.

**Figure 5.** Distributions de la prise par âge annuelle (CAA) de thon obèse pour la période 1975-2014.

**Figure 6.** Prise de thon obèse des pêcheries de canneurs locaux des Açores, de Madère, des îles Canaries et du Sénégal.

**Figure 7.** Tendance du poids moyen du thon obèse sur la base des données de prise par taille des principales pêcheries (BB=canneurs, LL=palangriers, PS=senneurs) au titre de 1975-2014.

**Figure 8.** Tendance du poids moyen du thon obèse pour les senneurs européens et ventilée entre bancs libres (F School) et bancs associés à des DCP (Objects).

**Figure 9.** Estimations du nombre annuel de DCP déployés, par pavillon et total dans l'océan Atlantique (extrait du SCRS/2014/133).

**Figure 10.** Changement dans le temps du type de balises équipant les DCP dérivants au sein de la flottille de senneurs français (extrait du SCRS/2014/187).

**Figure 11.** Évolution dans le temps de l'équipement associé à la pêche sous DCP par les senneurs espagnols (Lopez *et al.*, 2014).

**Figure 12.** Surface explorée avec succès (n° de carrés de 5°x5° avec capture de thon obèse >1 t).

**Figure 13.** Numéros de carrés de 1° explorés en fonction de divers niveaux d'effort des senneurs de l'Union européenne (extrait du SCRS/2014/080).

**Figure 14.** Estimations de Z obtenues des diagrammes de Powell-Wetherall ; montrant les estimations de chaque année (points avec ligne hachurée) et un lissage (ligne bleue continue).

**Figure 15.** Séries de CPUE convenues à la réunion de préparation des données comme étant des indices approchant potentiels pour l'abondance du stock ; les points sont les valeurs standardisées, les lignes la prédiction d'un modèle additif généralisé (GAM) ajusté à tous les indices avec l'année comme terme de lissage et l'indice comme facteur (rouge) et par indice individuellement (bleue).

**Figure 16.** Fonctions du cycle vital utilisées dans le scénario initial de SS3 pour évaluer le thon obèse : (panneau supérieur gauche) poids-taille, (panneau supérieur droite) maturité à l'âge, (panneau inférieur gauche) croissance et (panneau inférieur droit) mortalité naturelle.

**Figure 17.** Vecteur de la mortalité naturelle de Lorenzen utilisé dans le modèle VPA de 2015 et vecteur utilisé en 2010.

**Figure 18.** ASPIC : Matrice de corrélation pour les indices convenus ; le bleu indique les corrélations positives et le rouge les négatives ; l'ordre des indices et les boîtes rectangulaires sont choisis sur la base d'une analyse de groupement hiérarchique à l'aide d'un jeu de dissemblances.

**Figure 19.** ASPIC : Corrélations croisées entre les indices visant à identifier d'éventuels décalages dus aux effets des classes d'âge.

**Figure 20.** ASPIC : Indice composite tel qu'estimé en 2015 en utilisant la même méthodologie que celle de 2010 par rapport à celle estimée en 2010. Il convient de noter que les indices utilisés en 2015 ne sont pas les mêmes que ceux de 2010.

**Figure 21.** ASPIC : Ajustements du modèle aux indices composites de 2010 et 2015. Trajectoire de la biomasse (panneau supérieur), mortalité par pêche (panneau du milieu) et production utilisée comme donnée d'entrée (panneau inférieur).

**Figure 22.** ASPIC : Ajustements ASPIC aux indices composites par rapport aux paramètres ; l'ajustement de 2010 est projeté en utilisant les prises déclarées jusqu'en 2014. Toutes les valeurs sont par rapport aux paramètres de la PME.

**Figure 23.** ASPIC : Somme résiduelle des profils des carrés, comme fonction de la PME, pour des scénarios ASPIC sélectionnés.

**Figure 24.** ASPIC : CPUE observée par rapport à CPUE ajustée : la ligne bleue est une régression linéaire ajustée aux points ; la ligne noire la ligne  $y=x$ . Les scénarios d'évaluation apparaissent dans les rangées et les indices apparaissent dans les colonnes, ce qui permet de comparer les diagnostics pour un seul indice dans tous les scénarios en lisant une colonne jusqu'en bas.

**Figure 25.** ASPIC : Valeurs résiduelles par année, avec la fonction de lissage loess et SE. Les scénarios d'évaluation apparaissent dans les rangées et les indices apparaissent dans les colonnes, ce qui permet de comparer les diagnostics pour un seul indice dans tous les scénarios en lisant une colonne jusqu'en bas.

**Figure 26.** ASPIC : Diagramme Quantile-quantile visant à comparer la distribution résiduelle avec la distribution normale. Les scénarios d'évaluation apparaissent dans les rangées et les indices apparaissent dans les colonnes, ce qui permet de comparer les diagnostics pour un seul indice dans tous les scénarios en lisant une colonne jusqu'en bas.

**Figure 27.** ASPIC : Diagramme de valeurs résiduelles par rapport à la valeur ajustée avec des centiles 5<sup>e</sup> & 95<sup>e</sup> afin de vérifier la relation de variance. Les scénarios d'évaluation apparaissent dans les rangées et les indices apparaissent dans les colonnes, ce qui permet de comparer les diagnostics pour un seul indice dans tous les scénarios en lisant une colonne jusqu'en bas.

**Figure 28.** ASPIC : Diagramme d'autocorrélation, soit  $residual_{t+1}$  par opposition à  $residual_t$ . Les scénarios d'évaluation apparaissent dans les rangées et les indices apparaissent dans les colonnes, ce qui permet de comparer les diagnostics pour un seul indice dans tous les scénarios en lisant une colonne jusqu'en bas.

**Figure 29.** ASPIC : Tendence prédite du stock par indice (points) avec les estimations de la biomasse (bleu) et une régression locale (noir). Les scénarios d'évaluation apparaissent dans les rangées et les indices apparaissent dans les colonnes, ce qui permet de comparer les diagnostics pour un seul indice dans tous les scénarios en lisant une colonne jusqu'en bas.

**Figure 30.** ASPIC : Tendence prédite du stock par indice (points) avec les estimations de la biomasse (bleu) et une régression locale (noir).

**Figure 31.** ASPIC : Série temporelle de la biomasse du stock, taux de capture et capture par scénario d'évaluation.

**Figure 32.** ASPIC : Série temporelle de la biomasse du stock et taux de capture par rapport aux paramètres de la PME ; les lignes sont les médianes et les rubans les inter-quartiles.

**Figure 33.** ASPIC : Diagramme de phase de Kobe, par scénario avec les parcours montrant les médianes.

**Figure 34.** ASPIC : État actuel (2014) du thon obèse sur la base d'ASPIC. Le graphique combine les résultats des trois scénarios examinés. Les nuages de points décrivent les estimations par bootstrap de l'incertitude entourant l'année la plus récente (violet = scénario palangre japonaise, marron = scénario palangre des États-Unis, bleu = scénario palangre du Taipei chinois). L'estimation ponctuelle de la médiane pour les résultats de chaque modèle est représentée par des cercles vides (cyan). Les diagrammes de densité marginale en haut et à droite du diagramme principal reflètent la distribution de fréquence des estimations par bootstrap de chaque modèle par rapport à la biomasse relative (en haut) et à la mortalité par pêche relative (droite). Les lignes rouges représentent les niveaux de référence (ratios égaux à 1,0).

**Figure 35.** Estimations par SS3 de la biomasse du stock reproducteur (absolue) et du recrutement pour les 12 scénarios sélectionnés.

**Figure 36.** Estimations par SS3 de la biomasse du stock reproducteur par rapport aux paramètres de la PME ( $B/B_{PME}$ ) et à la mortalité par pêche ( $F/F_{PME}$ ) pour les scénarios sélectionnés.

**Figure 37.** SS3 : Diagramme de phase de Kobe pour chaque scénario.

**Figure 38.** SS3 : Diagramme de phase de Kobe pour tous les scénarios.

**Figure 39.** VPA : Trajectoires de F apical, F-ratio (ratio de  $F_{7+}/F_6$ ), F à plusieurs âges et année terminale F obtenus de la VPA.

**Figure 40.** VPA : Trajectoires de  $SSB/SSB_0$ ,  $SSB$ ,  $F/F_{0.1}$  et F apical pour la VPA. Il est à noter que les trois dernières années des estimations de F sont réduites en raison du remplacement des trois années terminales de recrues.

**Figure 41.** ASPIC : Diagrammes de probabilité d'être dans la zone verte, sous-exploité et de faire l'objet de sous-exploitation pour les projections de prise pour les trois scénarios combinés.

**Figure 42.** ASPIC : Diagrammes de probabilité d'être dans la zone verte, sous-exploité et de faire l'objet de sous-exploitation pour les projections des stratégies de F pour les trois scénarios combinés.

**Figure 43.** ASPIC : Biomasse du stock projetée pour des stratégies de prise constante par chaque scénario d'évaluation.

**Figure 44.** ASPIC : Taux de capture projeté pour des stratégies de prise constante par chaque scénario d'évaluation.

**Figure 45.** ASPIC : Biomasse du stock projetée par rapport à  $B_{MSY}$  pour des stratégies de prise constante par chaque scénario d'évaluation.

**Figure 46.** ASPIC : Projections du taux de capture par rapport à  $F_{MSY}$  pour des stratégies de prise constante par chaque scénario d'évaluation.

**Figure 47.** ASPIC : Biomasse du stock projetée par rapport à  $B_{MSY}$  pour des stratégies de prise constante par chaque scénario d'évaluation.