

RAPPORT DE LA SESSION D'ÉVALUATION DE L'ICCAT DE 2010 DU STOCK DE THON OBÈSE

(Pasaia, Guipúzcoa, Espagne, 5 - 9 juillet 2010)

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

La réunion a été tenue au Centre AZTI-Tecnalia à Pasaia du 5 au 9 juillet 2010. Le Dr. Josu Santiago a ouvert la réunion et a souhaité la bienvenue aux participants (« le Groupe de travail »).

Le Dr. David Die (États-Unis), Président de la réunion, a souhaité la bienvenue aux participants de la réunion et a remercié AZTI d'accueillir la réunion et de fournir l'appui logistique. Le Dr Die a passé en revue l'ordre du jour qui avait été adopté avec quelques changements (**Appendice 1**).

La liste des participants est jointe en tant qu'**Appendice 2** et la liste des documents présentés à la réunion en tant qu'**Appendice 3**. Les personnes suivantes ont assumé la tâche de Rapporteur :

Points 1, 7 et 8	P. Pallarés
Point 2.1	J. Pereira
Point 2.2	C. Palma
Point 2.3	A. Delgado de Molina, L. Kell et M.Ortiz
Point 2.4	D. Gaertner et N. Abid
Point 2.5	C. Brown, L. Kell et C. Palma
Points 3.1, 4.1 et 5.1	K. Satoh, H. Agnelli et E. Chassot
Points 3.2 et 4.2	P. de Bruyn
Point 3.3	S. Cass-Calay et C. Brown
Points 3.4 et 4.4	M. Schirripa
Points 4.3	S. Cass-Calay
Point 4.5	D. Die
Point 5	G. Scott et L. Kell
Point 6	P. Bannerman et M. Pons

2 Résumé des données disponibles pour l'évaluation

2.1 Biologie

Le document SCRS/2010/090 étudiait l'éventuel rapport existant entre le taux de capture de thon obèse juvénile et la profondeur de la senne coulissante dans le but de mettre en œuvre la gestion la plus adéquate au moyen des résultats obtenus. Les données ont été recueillies entre juin 2008 et avril 2010 par 11 senneurs thoniers opérant sous pavillon espagnol dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique. Les principales conclusions du document sont les suivantes :

- La profondeur des filets oscillait entre 220 et 309 m, tandis que la profondeur de pêche variait de 65 m à 226 m. Cela signifie que le pourcentage de la profondeur moyenne par rapport à la taille du filet était de 56,73 % (dans une fourchette oscillant entre 20 % et 83 %).
- Aucune distribution bathymétrique différentielle n'a été observée entre les 3 espèces dans aucun des océans.

Un examen des informations historiques et des nouvelles informations biologiques est disponible dans le rapport de la Réunion de préparation des données du thon obèse de l'ICCAT 2010 (SCRS/2010/011).

2.2 Estimations des captures

Une mise à jour de la série de capture nominale de Tâche I du thon obèse pour la période 1950-2009 a été présentée par le Secrétariat. Les modifications apportées depuis la dernière réunion de préparation des données sur le thon obèse (nouveaux montants et/ou montants révisés déclarés par les CPC après le 30 avril 2010) ont été présentées et adoptées par le Groupe de travail afin d'obtenir la production la plus complète de 2009. Pendant la période intersession, seules des mises à jour pour 2008 (Japon) et de nouveaux chiffres de capture pour 2009

(palangriers du Japon, Philippines, États-Unis, Royaume-Uni-Ste Hélène, Vanuatu, Venezuela, Espagne-UE) ont été ajoutés à la série de capture de Tâche I. Pendant la réunion, une estimation des captures de 2009 du Cap Vert et du Guatemala a été fournie aux membres du Groupe de travail. Le total des captures s'élevait à 75.500 t approximativement.

Malgré ces mises à jour apportées aux captures de Tâche I de 2009, un nombre relativement important de CPC n'avaient pas déclaré de chiffres pour 2009. En conséquence, le Groupe de travail a décidé d'estimer les données manquantes sur la base de l'augmentation relative de 2008-09 des différentes pêcheries (principalement LL, BB et PS). Pour les principales pêcheries de BB et de PS, les captures de 2009 ont été obtenues à partir d'une moyenne des trois dernières années (2006-08) après avoir confirmé qu'il n'y avait aucun changement du comportement de pêche (BB : Namibie et Afrique du Sud ; PS : UE-mixte (FR + ES) correspondant aux « faux poissons »). Pour les principales pêcheries de palangriers, trois approches principales ont été adoptées : a) les chiffres de capture de 2009 ont été obtenus à partir de l'augmentation relative pondérale de 2008-09 des captures du Japon et du Taïpei chinois (125 %) - appliquée à la République populaire de Chine et à la République de Corée ; b) la moyenne des trois dernières années (2006-08) - Maroc, Namibie, Afrique du Sud et Saint-Vincent-et-les Grenadines ; c) Report de 2008 - Trinité-et-Tobago. Ces estimations provisoires ont élevé les captures de Tâche I de 2009 à environ 87.900 t, donnant lieu à une augmentation d'environ 27 % de la production totale pour 2008/2009. Ces estimations sont provisoires et changeront dans la mesure où les CPC déclarent leurs captures officielles de Tâche I pour 2009.

Le Groupe de travail a décidé d'utiliser la même capture que celle obtenue en 2009 en tant qu'estimation provisoire de la capture pendant 2010, étant donné qu'aucune information actuelle ne suggère de changement dans les opérations de pêche de 2010 par rapport à 2009.

Le document SCRS/2010/093 présentait de nouvelles informations sur les débarquements de « faux poisson » (séparés par espèces) réalisés à Dakar par les flottilles thonnières, y compris les estimations annuelles (2005-2009) des débarquements de « faux poisson » par les canneurs sénégalais.

Les estimations de Tâche I (déclarées et estimées par le Groupe de travail) sont présentées au **Tableau 1**. La **Figure 1** présente la série cumulative de capture de Tâche I (de 1950 à 2009). La distribution spatiale des captures (CATDIS) est présentée dans les **Figures 2** (par engin, toutes années confondues), **3** (1991-08, par le mode d'opération des PS) et **4** (par engin et par décennie).

2.3 Estimations de l'abondance relative

Des indices de l'abondance relative pour plusieurs flottilles ont été présentés à la réunion de préparation des données sur le thon obèse tenue à Madrid en avril 2010 (SCRS/2010/011).

Indices MULTIFAN-CL

Certains de ces indices correspondaient aux flottilles définies pour le modèle MULTIFAN CL des stocks de thon obèse, mais quelques flottilles n'avaient pas d'indices associés présentés à la réunion de préparation des données. Au cours de la période intersession, le Secrétariat de l'ICCAT a calculé les indices de l'abondance relative pour les flottilles 3,4, 5, 6 et 8 (**Tableau 2**).

Pour la pêcherie n° 3, il n'y a aucune série standardisée de CPUE. En ce qui concerne la pêcherie n° 4, la série standardisée de CPUE n'a pas été mise à jour depuis 2007, les données de prise et d'effort de la base de données de l'ICCAT ont donc été utilisées pour produire une série de CPUE standardisée.

Des analyses ont été effectuées au moyen de la modélisation linéaire généralisée (GLM) sous R. Une première étape de l'ajustement de la GLM consiste à choisir une distribution d'erreur appropriée. Des distributions d'erreur alternatives ont été examinées pour chaque série, c'est-à-dire log-normale (plus une valeur de 1 pour éviter la valeur 0), poisson, log-gamma et binomiale négative. En outre, des modèles Delta combinant les distributions binomiale et log-normale, binomiale et poisson et binomiale et gamma ont été évalués. Le choix du modèle s'est fondé sur l'inspection systématique des diagnostics basés sur la vérification du modèle et de diagnostics ajustés (McCullagh et Nelder, 1989), ce qui a permis de choisir la distribution d'erreur la plus appropriée (Ortiz & Arocha 2004). Cela suppose de tracer un diagramme des (a) valeurs résiduelles standardisées de déviance par rapport aux valeurs ajustées afin de vérifier les départs systématiques à partir des postulats sous-jacents à la distribution de l'erreur (b) les valeurs absolues des valeurs résiduelles par rapport aux valeurs ajustées en tant que vérification de la fonction de variance postulée et (c) la variable dépendante par rapport à la fonction de prédiction linéaire en tant que vérification de la fonction de lien postulée pour les quatre

premiers modèles d'erreur. Les diagrammes (b) et (c) ne fournissent aucune information pour une distribution binomiale (McCullagh et Nelder, 1989) ; dès lors, seul le diagramme (a) a été examiné pour ces distributions. L'évaluation de la qualité de l'ajustement a été effectuée sur un modèle qui comprenait tous les facteurs principaux (c'est-à-dire le modèle plus complexe, car si le modèle le plus complexe est un ajustement raisonnable, tous les modèles plus simples étant retenus s'adapteront parfaitement, au cas contraire ils ne seraient pas sélectionnés).

Sur la base des diagrammes de diagnostic (**Appendice 4**), un modèle d'erreur delta-lognormal a été choisi pour les deux pêcheries. Les facteurs significatifs sont récapitulés dans l'analyse des tableaux de variance (**Tableau 3**) tant pour le modèle d'erreur binomial (analyse de la probabilité de réussite de la capture) que pour le modèle d'erreur log-normal (analyse des captures positives).

Comme suite à cette analyse, les moyennes marginales ont été calculées par trimestre et année pour chaque pêcherie (**Appendice 4 Figures 3 a et b**). Les CPUE standardisées sont également récapitulées dans le **Tableau 4**.

Pour les flottilles 5, 6 et 8, la procédure de standardisation a été estimée pour chaque année, étant donné que les informations trimestrielles étaient limitées ou non disponibles. Le modèle de standardisation comprenait le facteur année-flottille, en obtenant la moyenne des moindres carrés pour le facteur année en tant qu'indice de l'abondance relative en indices de biomasse. L'indice annuel a été converti en indice annuel-trimestriel en multipliant la valeur annuelle par la proportion de la capture par trimestre. Pour ne pas obtenir de valeurs très basses pour quelques années-trimestres, les conditions suivantes ont été appliquées : a) si la capture d'un trimestre spécifique était inférieure à 20 % de la capture annuelle, aucun indice n'était attribué pour cette strate annuelle-trimestrielle ; b) si la capture d'un trimestre spécifique était supérieure à 75 % de la capture annuelle, l'indice n'était appliqué qu'à cette strate annuelle-trimestrielle ; c) si la capture d'un trimestre spécifique était supérieure à 20 % et inférieure à 75 % de la capture annuelle, le nombre de trimestres qui remplissait cette condition dans une année donnée était compté et un indice annuel a été appliqué avec un ratio corrigé. Le ratio est égal à $((1/N_{qtrs}) * \%catch-qtr) * indice\ annuel$. Le **Tableau 5** présente les indices standardisés pour les pêcheries 5, 6, 8, 12, 13, 14 et 15. La **Figure 5** présente l'indice standardisé pour les flottilles de pêche 5, 6 et 8.

Les indices standardisés ont également été estimés pour les pêcheries 12, 13, 14 et 15. Pour les pêcheries pour lesquelles des indices standardisés avaient été soumis par des scientifiques des Parties contractantes, le Groupe de travail a convenu de produire des indices combinés pour chaque définition de pêche -flottille en utilisant un modèle GLM (voir ci-dessus). Les modèles GLM utilisaient l'année, le trimestre et l'indice de flottille en tant que facteurs. L'indice relatif standardisé combiné était estimé en tant que moyenne des moindres carrés du facteur année (**Table 6 et Figure 6**).

Indices combinés de la biomasse

Le Groupe de travail a recommandé d'établir un indice combiné de la biomasse aux fins de son utilisation en tant qu'indice de l'abondance relative pour les modèles de production à considérer. La série d'entrée comprenait les indices de flottilles ci-dessous tel que recommandé par le Groupe de travail pendant la réunion de préparation des données :

Indice de flottille	Série annuelle
Indice palangrier des États-Unis	1982-2008
Indice palangrier du Japon	1971-2008
Indice palangrier de l'Uruguay - phase initiale et finale	1981-1991 & 1992-2008
Indice palangrier du Brésil	1980-2008
Indice palangrier du Taipei chinois - phase initiale et finale	1968-1989 & 1990-2008
Indice palangrier du Maroc	2005-2008
Indice des canneurs des Açores (UE-Portugal)	1970-2008

La **Figure 7** présente les indices relatifs. L'indice combiné a été estimé sur la base du modèle GLM avec l'année et l'indice de flottille en tant que facteurs, en utilisant différents facteurs de pondération tel que le Groupe de travail l'avait suggéré. L'indice correspond à la moyenne des moindres carrés du facteur année dans tous les cas. Le Groupe de travail s'est montré préoccupé par le contraste important existant au sein de différents signaux d'indice, notamment en ce qui concerne les années de la phase initiale de la période (1698-1970) lorsque deux flottilles palangrières indiquaient différentes tendances de biomasse. Il a été souligné qu'il est fréquent

d'observer des baisses rapides des taux de capture au début des pêcheries palangrières. Des changements de la sorte ont également été observés dans d'autres flottilles pendant les années suivantes. Compte tenu de ces incertitudes et de leur éventuel impact sur l'estimation de l'indice combiné, le Groupe de travail a recommandé de recourir à des scénarios alternatifs aux fins de l'estimation de l'indice de biomasse en utilisant divers facteurs de pondération et/ou en se limitant à quelques périodes définies par le Groupe de travail.

Les scénarios recommandés étaient les suivants :

Il convient que la description des valeurs d'entrée des scénarios concorde avec les sections d'ASPIC et le modèle de production bayésien.

Scénario	Valeurs d'entrée des indices	Facteur de pondération du modèle GLM
1	Tous	Néant
2	Tous	Capture totale par année/flottille
3	Tous	Zone (# de 5x5° couverts par la flottille par année-trimestre)
4	Seulement les années postérieures à 1971	Capture totale par année/flottille
5	À l'exception des années antérieures à 1970 pour les palangriers japonais	Capture totale par année/flottille
6	À l'exception des années antérieures à 1970 pour les palangriers du Taipei chinois	Capture totale par année/flottille

Les indices estimés sont présentés dans le **Tableau 5** et la **Figure 8**.

2.4 Indicateurs des pêcheries

Outre l'évaluation du stock, plusieurs indicateurs des pêcheries sont susceptibles de nous éclairer sur l'état actuel du stock, la condition de la pêcherie et les éventuels impacts écologiques. En termes de processus au sein de l'approche conventionnelle PER (pression-état-réponse), les indicateurs des pêcheries peuvent refléter l'état du système (c'est-à-dire la ressource) par rapport aux forces motrices (c'est-à-dire les pressions) et les objectifs de gestion (c'est-à-dire les réponses). Le Groupe a examiné l'utilité que plusieurs de ces indicateurs pourraient avoir et a mené des analyses spécifiques sur les indicateurs des pêcheries se rapportant à l'intensité de la pêche et à l'état des ressources de thon obèse.

2.4.1 Indicateurs des pêcheries se rapportant à l'intensité de la pêche

Pêcheries palangrières

Le stock du thon obèse a été exploité par les trois engins principaux (pêcheries de palangriers, de canneurs et de senneurs). Toutefois, les captures palangrières sont prédominantes en termes pondéral. Par définition, il n'existe aucune information directe relative à l'effort de pêche des activités illégales, non-déclarées et non-réglées (IUU) des palangriers arborant des pavillons de complaisance et ayant acquis de l'importance depuis le début des années 1980. Avant cela, les données commerciales étaient utilisées pour identifier les éventuelles captures IUU, mais ces données ne reflètent désormais plus le potentiel des captures non-déclarées de grande taille. En ce qui concerne les CPC palangrières, les deux principales pêcheries palangrières sont opérées par le Japon et le Taipei chinois dont les captures combinées représentent 46 % de la capture totale pondérale de 2009. L'effort de pêche nominal, exprimé en nombre d'hameçons, présente plusieurs tendances (**Figure 9**). Tandis que l'effort du Taipei chinois a augmenté régulièrement et a atteint son niveau maximal en 2001 avant de diminuer de 64 % en 2005 et de se stabiliser par la suite, l'effort du Japon dans la zone tropicale a doublé de 2002 à 2009, pour atteindre aujourd'hui le niveau d'effort observé dans le milieu des années 1990.

Le fait de ne pas prendre en compte les changements des stratégies de ciblage (par exemple, lorsque l'effort de pêche est redirigé vers une autre espèce) peut introduire un biais dans l'utilisation de séries temporelles de CPUE en tant qu'indice approchant de l'abondance apparente. Dans le cas des pêcheries palangrières, en raison du développement du marché à haute valeur ajoutée du sashimi au Japon et des progrès réalisés en termes de congélation à bord de palangriers industriels (-50 °C au début des années 1970), le thon obèse congelé issu de la pêche hauturière est apparu comme un complément au thon rouge sur le marché du sashimi dès 1975 et en est

devenu l'élément principal à partir de 1985. En conséquence, de nouvelles stratégies de pêche ont été adoptées par les principales flottilles de palangriers. Elles consistent d'abord à cibler l'albacore et le germon pour la conserverie et de passer ensuite à des espèces à haute valeur commerciale telles que le thon rouge, le thon rouge du Sud et le thon obèse destinés au marché du sashimi. Des changements des zones de pêche, ainsi que des modifications des engins de pêche (passage de la palangre normale à la palangre profonde) ont été apportés en 1976-1977 en ce qui concerne la flottille japonaise, après 1980 pour la Corée et au début des années 1990 pour le Taipei chinois.

Dans un tel cadre, la proportion de la palangre profonde (en termes d'hameçons par panier) peut être utilisée en tant qu'indice approchant de la stratégie de pêche consistant à cibler le thon obèse de grande taille dans des eaux profondes. Ces changements continus peuvent être observés dans la pêcherie palangrière japonaise entre 1975 et 1995 (**Figure 10**) ; par exemple, une configuration de 4-7 hameçons par panier a été progressivement abandonnée depuis le début des années 1980 et la proportion de 15 hameçons ou + par panier est devenue prédominante depuis 1990. Il convient cependant de garder à l'esprit que le ciblage est également fonction de la zone, du type de matériau utilisé (palangre en mono-filament en nylon par rapport à la palangre traditionnelle en multi-filament), la stratégie de déploiement de l'engin, les courants océanographiques, etc.

La proportion de la capture de thon obèse dans la capture palangrière totale (en ne considérant que l'albacore, le germon et le thon obèse) constitue un autre indicateur simple représentant de tels changements de ciblage. La **Figure 11** fait apparaître que les dates auxquelles des changements soudains de la proportion de thon obèse ont été observés coïncidaient avec les changements mentionnés précédemment.

Pêcheries de surface

Alors que le thon obèse représente désormais l'une des principales espèces ciblées pour la plupart des pêcheries de palangriers et de quelques pêcheries de canneurs, cette espèce a toujours revêtu une importance secondaire pour les autres pêcheries de surface. Les thons obèses juvéniles sont principalement capturés en association avec du listao et des juvéniles d'albacore dans le cadre de pêcherie sous objets flottants naturels ou artificiels tels que les dispositifs de concentration du poisson (DCP).

L'effort nominal en termes de capacité de charge de la pêcherie totale de senneurs a diminué progressivement jusqu'en 2006, en raison de la piraterie menée aux larges des côtes de Somalie dans l'océan Indien et plusieurs grands senneurs européens opérant dans cet océan ont redistribué leurs efforts dans l'Atlantique Est. Cette nouvelle situation, outre la présence de trois nouveaux senneurs opérant depuis Tema (Ghana), a augmenté la capacité de charge de 81 % entre 2006 et 2009 (**Figure 12**). Le nombre de senneurs de l'Union européenne opérant dans l'Atlantique présente la même tendance avec une stabilisation possible en 2010, tel que les données provisoires le suggèreraient. En revanche, l'intensité de la pêche exercée par les flottilles de canneurs semble stable au cours des 20 dernières années.

La proportion de thon obèse par rapport aux autres espèces de thonidés tropicaux présentait des schémas différents en fonction des pêcheries. Dans le cas des canneurs des îles Canaries, la proportion de thon obèse dans la capture thonière présentait une variabilité interannuelle significative probablement due aux conditions environnementales interannuelles (**Figure 13**). Cette situation était différente dans le cas des canneurs opérant depuis Dakar (Sénégal) étant donné que la proportion de thon obèse a augmenté à la fin des années 1970 et a ensuite baissé à partir de la fin des années 1990. Bien que les flottilles de canneurs de Dakar et des îles Canaries opéraient en utilisant une stratégie de pêche différente (par exemple, en utilisant le bateau en soi en tant que DCP), depuis la moitié des années 1980 et le début des années 1990 respectivement, il n'a pas été démontré que l'augmentation résultant de la capturabilité modifiait la composition spécifique de la capture. La proportion de thon obèse dans la capture de senneurs de l'Union européenne a doublé depuis le début des années 1990 probablement en raison du développement d'opérations de pêche sous DCP, mais reste toutefois à un niveau faible, à environ 10 %. Le même effet apparaît de façon plus prononcée dans le cas des senneurs ghanéens étant donné qu'environ 70 à 80 % de ces captures sont réalisées sous DCP ou en association avec des canneurs (le thon obèse représente dans ce cas-ci 20 % de la capture de thonidés).

2.4.2 Indicateurs des pêcheries se rapportant à l'état de la ressource

Capture par opération de pêche

Même si le thon obèse n'est pas ciblé par les senneurs, tout changement dans la capture par opération de pêche fructueuse pour les opérations de pêche sous DCP est susceptible de donner un aperçu de l'impact de l'effort de pêche sur les juvéniles (**Figure 14**). Cet indicateur de taille de banc présente une baisse lente mais constante

depuis le début des années 1990, qui coïncide avec le même schéma observé pour la proportion des thons obèses capturés sous objets flottants en même temps.

Poids moyen

La prise par taille en nombre et en poids correspondant (en utilisant la relation taille-poids) pour la période 1975-2009 a été utilisée pour estimer le poids moyen du thon obèse. L'analyse a été réalisée par engin de pêche pour les principales flottilles opérant dans l'Atlantique. La tendance du poids moyen au cours de cette période a présenté certaines incohérences pour quelques flottilles (valeurs élevées ou constantes au cours du temps) et par conséquent les données suivantes ont été éliminées :

- la prise par taille pour les senneurs espagnols pour la période comprise entre 1975 et 1979,
- la prise par taille pour les senneurs français de 2006 et
- la prise par taille ghanéenne pour la période comprise entre 1980 et 1987.

De manière générale, le poids moyen présentait une tendance descendante pour l'ensemble des séries temporelles avec une tendance relativement stable (10 kg approximativement) au cours de la dernière décennie (**Figure 15**). Le poids moyen du poisson présente des différences en fonction de l'engin de pêche. En moyenne, il s'agit d'un poids approximatif de 52 kg pour les palangriers, de 7 kg pour les canneurs et de 4 kg pour les senneurs combinés (3,6 kg sous DCP et 9,8 kg sur bancs libres).

L'analyse par engin indique qu'une tendance à la hausse du poids moyen pour les palangriers est apparue récemment (56 à 76 kg) s'expliquant principalement par l'augmentation du poids moyen des captures du Japon, du Taipei chinois et de la Corée (**Figure 16**).

En ce qui concerne les senneurs, le poids moyen du thon obèse a diminué constamment jusqu'en 1997 et oscillait entre 3 et 4,5 kg par la suite (**Figure 17**).

En ce qui concerne les canneurs, le poids moyen du thon obèse a baissé de manière globale au cours du temps, avec une légère augmentation au cours des quatre dernières années. D'importantes différences peuvent également être observées entre les diverses flottilles (**Figure 18**).

Une comparaison entre les tendances du poids moyen du thon obèse capturé sous DCP et sur bancs libres a également été réalisée (**Figure 19**). Le poids moyen dans le cas des captures réalisées sur bancs libres (12 kg) est beaucoup plus élevé que celui déclaré sous DCP (3,5 kg). Si l'on tient compte de la série temporelle complète, le poids moyen du thon obèse capturé sur bancs libres présentait une variabilité plus importante que celle observée dans le cas des opérations sous DCP, avec une tendance à la hausse au cours des 4 dernières années (17-25 kg).

2.5 Conversion de la prise par taille en prise par âge

2.5.1 Estimation de 2010 de la prise par taille du thon obèse

Les échantillons de fréquence de tailles et de prise par taille soumis par les CPC ont été utilisés afin d'estimer la prise par taille totale des débarquements de thon obèse dans le but d'élaborer la prise par âge. L'**Appendice 5** récapitule la strate année-flottille, l'absence d'informations de fréquence de tailles/prise par taille et les remplacements correspondants utilisés afin de développer la prise par taille totale. De manière générale, les remplacements ont été choisis à partir des caractéristiques semblables de flottille/d'engin et de zone d'opération pendant une année déterminée. Depuis la dernière évaluation de 2007 (Anon.2008), des modifications et des ajouts importants ont eu lieu en ce qui concerne les données de fréquence de tailles et de prise par taille ayant été soumises au Secrétariat. Les principaux ajouts/révisions sont les suivants :

- Révisions historiques des données de fréquence de taille et informations relatives à la prise par taille issues des principales pêcheries palangrières : Japon (2002-2005) ; Taipei chinois (2004-2005) ; pêcheries commerciales des États-Unis (2005).
- Ajout des données de fréquence de tailles historiques provenant de la flottille des Açores (UE-Portugal) (Doc SCRS 2009/190) comprenant des échantillons de 1975 à 1980 (bien que la série récupérée englobe la période 1965-1985).
- Ajout de fréquence de tailles de l'UE-Espagne (canneurs de Cantabrie) de 2002 à 2005.
- Ajout des fréquences de tailles des palangriers du Maroc (2003-2005) et du Mexique (2004).

- Redistribution de la catégorie de pêcheries NEI-ETRO dans les pêcheries flottille-pavillon correspondantes (BB et PS).
- Ajout de la série de prise de thon obèse de Tâche I (pavillon UE-France et UE-Espagne) se rapportant aux faux-poissons dans les estimations globales de prise par taille.
- La prise par taille a été élargie avec l'ajout des années 2006, 2007, 2008 et 2009 (estimations provisoires) et l'utilisation des fréquences de tailles/prise par tailles correspondantes issues de la base de données de l'ICCAT. La comparaison entre la Tâche I et le poids correspondant de la matrice de la prise par taille présente une différence inférieure à 1 % pour chaque année.

La matrice globale de prise par taille est présentée à l'**Appendice 5**. Les estimations de 2009 sont partielles et provisoires, étant donné que la fréquence de tailles/la prise par taille de quelques-unes des principales CPC n'était pas disponible (les fréquences de taille de 2008 ont été utilisées à la place).

2.5.2 Découpage des âges

La prise par taille a été convertie en prise par âge au moyen du découpage des âges. Les poissons ont été attribués à des classes d'âges conformément à la méthodologie utilisée pour l'évaluation du stock de thon obèse de 2007 du SCRS de l'ICCAT (Anon. 2008) postulant que la croissance suit l'équation de croissance de Hallier *et al.* de 2005 ($L_t = 217,28 (1 - \exp(-0,18 (t+0,709)))$). La classe d'âge dans ce cas implique que la cohorte au cours d'une année calendaire en postulant que la naissance (ou le point équivalent extrapolé rétrospectivement sur la courbe de croissance) a lieu le 1^{er} janvier. Des plafonds (limite supérieure de chaque classe d'âge par trimestre annuel) ont été calculés en ajoutant une moitié d'année à chaque âge trimestriel (âge « réel » à partir du 1er janvier défini à la moitié de chaque trimestre) et en utilisant la taille prévue à cet âge, en postulant que la croissance ne varie pas de manière saisonnière (**Tableau 7**). De cette façon, une « fenêtre mobile » délimite chaque âge par trimestre, dont la limite inférieure est définie comme étant la taille prévue d'un poisson six mois plus jeune (ce qui correspond également à la limite supérieure de la classe d'âge plus jeune suivante pour ce trimestre) et dont la limite supérieure (plafond) est définie comme étant la taille prévue d'un poisson âgé de six mois de plus (**Figure 20**). Des poissons présentant des tailles s'inscrivant dans ce rang dynamique (c'est-à-dire supérieure à la limite inférieure et inférieure ou égale à la limite supérieure) ont été attribués à la même classe d'âge.

Par exemple, la limite supérieure pour les poissons d'âge 0 (les poissons du premier trimestre) a été prédite à partir de l'âge supérieur de 6 mois à l'âge de poissons d'âge 0 au milieu du premier trimestre (défini comme 0,125 an). En d'autres termes, la limite supérieure (46 cm) a été prédite à partir de l'âge de 0,625 an (**Figure 20**).

La routine de découpage des âges a été codée en FORTRAN au cours des évaluations antérieures des stocks. Afin d'améliorer la flexibilité, la routine a été codée en utilisant SAS[®]. Après avoir confirmé que les matrices totales de la prise par âge coïncidaient en utilisant les deux approches (**Appendice 6**), la routine codée en SAS[®] a été utilisée afin de produire les différentes matrices de prise par âge requises comme valeurs d'entrée de la VPA (**Tableau 8, Figure 21**).

Des comparaisons ont été réalisées entre les nouvelles matrices de prise par âge et celles élaborées dans le cadre de l'évaluation de 2007 (**Appendice 6**). Bien que certaines modifications notables ont été constatées entre certaines matrices, des changements connus de la base de données de prise par taille (par le biais de nouveaux rapports, de révisions, de corrections, d'ajouts de faux poisson, de changements dans la définition de la pêche correspondant à des indices de CPUE, etc.) semblent pouvoir expliquer ces différences.

2.5.3 Élaboration stochastique de la prise par âge

L'élaboration de la prise par âge destinée à être utilisée dans la VPA est traditionnellement effectuée au moyen du découpage des âges prédisant l'âge à partir de la taille en utilisant l'inverse de la courbe de croissance de Von Bertalanffy, c'est-à-dire :

$$a = t_0 - \log(1 - l) / K$$

Une alternative consiste à ajuster statistiquement la taille par âge en postulant que la distribution de fréquence de tailles est une somme pondérée d'un ensemble de densités k , c'est-à-dire :

$$g(x|\mathbf{x}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\sigma}) = \pi_1 f(x|\mu_1, \sigma_1) + \dots + \pi_k f(x|\mu_k, \sigma_k)$$

Dans lequel cas les paramètres sont les proportions de mélange, les moyennes et les écarts-types des distributions des composantes.

L'ajustement statistique de la taille par âge peut être effectué en utilisant le package `mixdist` sous R (<http://www.math.mcmaster.ca/peter/mix/mixdist.pdf>). Une comparaison plus complète des statistiques de prise par âge et de découpage des âges est présentée dans SCRS/2010/088.

La **Figure 22** présente les fréquences de tailles observées (en bleu), les modes de fréquence de tailles ajustés (en rouge), la distribution de tailles ajustée (ligne verte continue) et la taille par âge (ligne verte verticale). Dans le découpage des âges, la zone entre les lignes verticales fournit les nombres par âge, tandis que dans les alternatives statistiques, les nombres par âge sont obtenus par la zone selon la distribution de composantes correspondantes.

Après avoir choisi la distribution, trois paramètres peuvent être estimés, à savoir la proportion, la taille moyenne et la dispersion. S'il existe suffisamment d'informations dans les données permettant d'estimer les premiers modes, les informations sont plus restreintes aux fins de l'estimation de tous les paramètres pour les âges plus avancés où il existe un chevauchement considérable entre les tailles des différents âges. De même, les fréquences de tailles observées ne se limitent pas seulement à une fonction de croissance mais également à la sélectivité des pêcheries. Dès lors, la taille moyenne des deux premiers âges a été estimée et le CV a été limité au même niveau pour tous les âges. Cela signifie que pour estimer huit âges, onze paramètres ont été estimés (huit proportions par âge, les tailles moyennes d'âges 0 et 1 et le CV des modes). Les connaissances préalables sous forme de courbes de croissance, de variabilité de la croissance et de sélectivité de tailles contribueront à améliorer l'ajustement.

Le **Tableau 9** compare la proportion estimée par âge sur la base du découpage des tailles et de l'estimation statistique de la prise par taille. De manière générale, il y a davantage de poissons d'âge 0 et moins d'âge 1 en utilisant la méthode statistique. Le **Tableau 10** compare la croissance sur la base de la courbe de croissance postulée von Bertalanffy et les valeurs estimées (seuls les âges 0 et 1 sont estimés). La taille à l'âge 1 est supérieure à celle prédite sur la base de la courbe de croissance probablement car le poisson d'âge 0 n'a pas entièrement été sélectionné par la pêcherie.

3 Méthodes et autres données pertinentes pour l'évaluation

3.1 Modèles de production

Différents modèles de production excédentaire (SPM) ont été appliqués aux pêcheries de thons obèses de l'océan Atlantique (*Thunnus obesus*) au cours de la réunion du Groupe de travail afin d'évaluer l'état actuel du stock et de fournir des points de référence aux gestionnaires des pêcheries. Bien que les modèles de la biomasse manquent quelque peu de réalisme étant donné qu'ils ne sont pas en mesure de tenir compte des changements des schémas de pêche et ne représentent pas explicitement la complexité de la structure démographique des stocks halieutiques (par exemple les variations de la mortalité naturelle avec l'âge) et le processus de reproduction, ils sont toutefois considérés comme étant des outils solides permettant d'évaluer la réponse dynamique des populations de poissons à l'exploitation et, éventuellement, de fournir un avis scientifique de l'état des stocks (Ludwig & Walters 1985, Hilborn & Walters 1992, Laloë 1995, Prager 2000). Les SPM comprenaient les formes fonctionnelles logistique et généralisée et ont été ajustés en fonction des différentes méthodes, selon les logiciels d'intérêt. Le fait de tenir compte des divers types de SPM fondés sur différentes méthodes d'estimation pourrait aider à refléter l'incertitude du modèle.

3.1.1. Saisie de données pour les modèles de production excédentaire

La prise totale pour la période 1950-2009 a été estimée pendant la réunion de préparation des données d'avril 2010 (SCRS/2010/011) et mise à jour pendant la réunion du Groupe de travail à partir des données de Tâche I de l'ICCAT. Les indices d'abondance combinés ont été calculés à partir des neuf séries temporelles des taux de capture standardisés disponibles pour la pêcherie (*cf.* point 2). Six nouveaux indices combinés ont été calculés pendant la réunion du Groupe de travail selon les différentes méthodes de pondération et de sélection des données (**Tableau 11**).

3.1.2. ASPIC

La version 5.34.8 du logiciel ASPIC a été utilisée pour ajuster des modèles généralisés de production (Pella-Tomlinson) et des modèles logistiques de production (Schaefer). Dans le scénario d'ASPIC, douze cas de base (scénarios 1 à 12) ont été considérés et sont récapitulés dans le **Tableau 12**. Les résultats d'ASPIC peuvent être fonction des valeurs initiales des paramètres utilisés, le type de la fonction de production (logistique ou généralisée) et selon si tous les paramètres sont estimés ou si certains sont fixés. Afin d'explorer cette sensibilité, huit scénarios de sensibilité ont été appliqués pour chaque cas en tenant compte de quatre combinaisons de paramètres initiaux, particulièrement la capturabilité q ($2.0000E-06$ ou $2.0000E-04$), et la limite supérieure de k ($2.0000E+06$ ou $4.0000E+07$), et en choisissant d'estimer ou de fixer $B1/K$. Par conséquent, 96 scénarios ont été générés au total dans le but de sélectionner les valeurs initiales, la fonction de production et la stratégie d'ajustement les plus adéquats dans chaque cas. Ces scénarios n'ont pas tous convergé avec succès. Une sélection ultérieure a été réalisée parmi ceux qui convergeaient efficacement afin de déterminer le scénario le plus approprié pour chaque cas. En premier lieu, la forme généralisée ou logistique du modèle de production a été choisie pour un cas déterminé en réalisant un test F. En deuxième lieu, les scénarios qui fournissaient des résultats de paramètre considérés comme n'étant pas plausibles ($F/F_{PME} (> 3)$ élevé au cours des dernières années, $B/B_{PME} (>10)$ élevé et B/B_{PME} faible (se rapprochant de 0) au début de la série temporelle) ont été rejetés et n'ont pas été retenus pour des analyses ultérieures.

L'examen par bootstrap (1.000 fois) et les projections ont été réalisés pour tous les autres cas. Finalement, les résultats du bootstrap pour tous les autres cas ont été combinés dans une seule matrice afin de contribuer à la définition de l'incertitude.

3.1.3. Modèle PROCEAN

Le modèle PROCEAN (« PRoduction Catch-Effort ANalysis », Analyse de production de prise/effort) est un modèle de dynamique de la biomasse basé sur le modèle généralisé de production excédentaire de Pella et Tomlinson (1969) qui permet de séparer les différentes flottilles de pêche en ciblant le stock (Maury 2001-2002). Dans PROCEAN, un schéma numérique semi-implicite est utilisé pour intégrer l'équation différentielle ordinaire de Pella et Tomlinson (1969) de manière à réaliser des prévisions des prises (Fournier, 1996). Dans la présente analyse, aucun processus de marche aléatoire log-normal n'a été considéré pour modéliser la variabilité de la capacité de charge du stock et/ou de la capturabilité des flottilles individuelles. Des calculs ont été effectués en utilisant *AD Model Builder* (Fournier, 1996). Il s'agit d'un outil flexible, stable, efficace et adapté aux fins de l'estimation des paramètres du modèle non linéaire (Maunder 2000, 2004), fondée sur la différenciation automatique (Griewank et Corliss 1991). Les paramètres ont été estimés sur la base de la méthode du maximum de la distribution *a posteriori* (Bard 1974) en minimisant la fonction objective totale, qui comprend les composantes de vraisemblance log-négative et les contributions de probabilité *a priori*. Les distributions *a posteriori* des paramètres du modèle peuvent également être estimées en utilisant l'approche de simulation Markov-Chain Monte Carlo (MCMC) à partir de paramètres au mode de la distribution *a posteriori*. Dans ce cas, l'algorithme de Hastings-Metropolis appliqué dans *AD Model Builder* est utilisé. Des affirmations de confiance sur les paramètres ont été déduites à partir des estimations de la matrice hessienne au mode de la distribution *a posteriori* (Fournier, 1996).

Sorties du modèle

Dans un premier temps, quelques essais initiaux d'ajustement de PROCEAN ont été réalisés sur la base des séries temporelles d'indices d'abondance disponibles pour les différentes flottilles de pêche capturant du thon obèse, à savoir les palangriers des États-Unis, du Japon, d'Uruguay, du Brésil, du Taipei chinois, du Maroc et les canneurs des Açores (cf. point 2). Une réduction du nombre de séries temporelles a ensuite été appliquée en excluant progressivement les séries temporelles de la CPUE du Maroc, du Brésil et de l'Uruguay qui étaient considérées comme étant trop courtes, brouillées par le bruit ou non représentatives de la pêcherie. Dans tous les cas, aucun ajustement statistique débouchant sur des résultats biologiquement cohérents n'a été obtenu principalement en raison d'informations contradictoires des données standardisées de la CPUE. Cette conclusion est conforme aux essais réalisés précédemment par des Groupes de travail afin d'ajuster les diverses séries de la CPUE à Aspic (Anon, 2005).

Dans un second temps, le Procean a été ajusté aux séries temporelles 1, 2, 4, et 6 des indices d'abondance combinés (**Tableau 13**). Les limites des paramètres et les pénalisations dans la forme des distributions *a priori* ont été utilisées pour réduire l'espace des paramètres permettant l'exploration par le biais de processus d'estimation (**Tableau 13**). Les limites des paramètres ont été définies conformément aux informations biologiques et aux connaissances d'experts. Les informations ont été appliquées au modèle en fixant la valeur de

la biomasse de l'année initiale (scénarios 1 et 4) ou par le biais d'une distribution *a priori* informative (séries 2 et 3). Les valeurs moyennes de 0,8 et de 0,85 ont été prises en compte pour les distributions *a priori* de B0/K pour les séries temporelles de l'indice d'abondance débutant en 1971 et 1968 respectivement. Ces valeurs ont été choisies conformément au début de la pêcherie du thon obèse au début des années 1950. Des distributions *a priori* informatives ont également été utilisées pour le paramètre du taux de croissance r dans le cas des scénarios 2 et 3, sur la base des informations disponibles dans le rapport de la réunion d'évaluation de 2007 (Anon, 2008).

3.1.4. Modèle de production bayésienne

Un modèle bayésien de production excédentaire, tel qu'utilisé dans l'évaluation du voilier en 2009 (Anon. 2010), a été ajusté à la série temporelle de la CPUE. Des distributions *a posteriori* ont été calculées sur la base d'un algorithme d'échantillonnage adaptatif en fonction de l'importance (AIS) et d'échantillonnage avec rééchantillonnage en fonction de l'importance (SIR) (Andrade et Kinas 2007). Le modèle a été appliqué à l'ensemble des séries temporelles des indices d'abondance combinés décrits dans le **Tableau 11** à l'exception des séries temporelles non pondérées (série 5).

Distributions a priori

Au terme d'une discussion au sein du Groupe de travail, deux ensembles de distributions *a priori* informatives et non informatives ont été utilisées sur la base de distributions de Student multivariées. Les priors informatifs se basaient sur des informations disponibles dans le rapport de la réunion d'évaluation de 2007 alors que les priors non informatifs étaient « plans ». Les densités marginales des priors utilisées dans les modèles sont présentées dans la **Figure 23**.

Sorties du modèle

Dix scénarios ont été réalisés selon une combinaison de priors et de jeux de données (*cf.* **Tableau 14**). Lorsque l'algorithme AIS/SIR est utilisé, certains critères peuvent être appliqués afin de vérifier si la fonction d'importance se rapproche de la véritable fonction *a posteriori* avant d'extraire un échantillon final au moyen du SIR. Le critère d'entropie a été utilisé et les résultats sont présentés dans le **Tableau 14**. Les valeurs d'entropie proches de 1 montrent que la fonction d'importance est similaire à la distribution *a posteriori*, dès lors seuls les scénarios dans lesquels l'entropie était supérieure à 0,9 ont été considérés. Par conséquent, les résultats des analyses des quatre scénarios ont été rejetés. Seuls les résultats des autres scénarios sont présentés ci-après. Il s'agit des scénarios suivants : (i) données pondérées par région - prior informatif, (ii) données pondérées par région - prior non-informatif, (iii) données pondérées par capture - prior informatif, (iv) données pondérées par capture - prior non informatif, (v) données pondérées par capture, mais en rejetant les données du Japon antérieures à 1970 - prior informatif et (vi) données pondérées par capture, mais en rejetant les données du Taïpei chinois antérieures à 1970 - prior informatif.

3.2 MULTIFAN-CL

Le rapport de la réunion de préparation des données du thon obèse de 2010 (SCRS/2010/011) fournit une explication détaillée des données incluses dans l'évaluation de MFCL de 2010. Toutes les données incluses dans le modèle ont été préparées au cours de cette réunion, à l'exception des séries de CPUE mises à jour pour les flottilles qui opèrent encore (4 - 6 et 8 - 15). Ces indices ont été préparés pendant la période intersession en utilisant les méthodes convenues et décrites dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le thon obèse de 2010. Le document SCRS/10/091 décrit les spécifications du modèle initial postulées pour un scénario de « continuité » se fondant sur les spécifications du modèle utilisé dans l'évaluation de 2007, mais en utilisant des données allant jusqu'en 2008. Le modèle comprenait également des données historiques à partir de 1950 pour certaines pêcheries, en prolongeant le début du modèle à partir de 1961 (comme cela avait été postulé en 2007).

Le seul principal changement de postulat entre 2007 et 2010 concernait la mortalité naturelle. En 2007, la mortalité naturelle avait été estimée dans le modèle alors que le modèle décrit dans le document SCRS/10/091 fixait le vecteur de M par âge à celui calculé en 2007 (**Figure 24**). Étant donné que le Groupe a identifié plusieurs motifs de préoccupation entourant le modèle mis à jour, le Groupe a examiné plusieurs scénarios alternatifs afin de remédier à ces préoccupations. Ces scénarios alternatifs sont répertoriés dans le **Tableau 15**.

3.3 VPA

3.3.1 VPA-2BOX

Le Groupe de travail a examiné trois formulations de modèles de VPA auxquelles la préférence avait été accordée. Tous ont utilisé le logiciel VPA-2BOX (version 3.01) et utilisaient les données de prise par âge spécifiées dans le **Tableau 16**. Les postulats biologiques utilisés pour les scénarios étaient les suivants :

Mortalité naturelle (M) = Ages 0-1 = 0,8. Ages 2-7+=0,4

Les paramètres biologiques utilisés pour la VPA sont les mêmes que ceux employés lors de l'évaluation sur le thon obèse de 2007. Les paramètres de croissance Von Bertalanffy d'Hallier *et al.* (2005) : $k=0,180$ an⁻¹, $L_{\infty} = 217,3$ cm et $t_0 = -0,709$ an, et l'équation poids-taille de Parks *et al.* 1982 : Poids (kg) = $2,396 E^{-5} * FL$ (cm)^{2,9774} ont été utilisés pour estimer l'âge du groupe-plus.

La fécondité a été estimée à l'aide d'un indice approchant, %Maturité * Poids par âge du stock (calculé sur la base de la courbe de croissance au 1^{er} janvier). En ce qui concerne la fécondité du groupe-plus, il a été postulé que la population était composée de 50% d'individus d'âge 7 et de 50% d'individus d'âge 8.

	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7+
% maturité	0	0	0	0,5	1	1	1	1
Poids (kg)	0,393	4,16	12,78	25,56	41,15	58,21	75,60	100,50

La VPA utilisait tous les indices d'abondance disponibles (**Tableau 17**). Les indices ont été pondérés de la même façon et l'on a assigné à chaque estimation d'abondance annuelle un CV = 0,2. La vulnérabilité a été estimée à l'aide des captures partielles spécifiques aux flottilles. Celles-ci sont récapitulées au **Tableau 18**. Quatre indices ont été spécifiés en biomasse (palangriers d'Uruguay, phase initiale de la période, palangriers d'Uruguay, phase finale de la période, canneurs des Açores et DCP des senneurs de l'Union européenne). Pour ceux-ci, la VPA-2BOX nécessite des matrices de poids par âge spécifiques aux flottilles. Elles ont été bâties à partir des données de la prise par taille de la Tâche II (**Tableau 19**).

Les spécifications de l'estimation des paramètres VPA-2BOX sont résumées au **Tableau 20**. Une pénalisation (Dév. Std = 0,4) a été appliquée aux déviations de vulnérabilité des âges 0-7 au cours de 2006-2008 afin d'empêcher que ces estimations ne connaissent de fortes fluctuations. Les paramètres de F terminal ont été estimés pour les âges 1, 4, 5 et 6. Le F terminal d'âge 0 a été fixé à 1,08 fois l'estimation de l'âge 1. Les F terminaux d'âge 2 et d'âge 3 ont été fixés à 0,57 et 0,73 fois l'estimation d'âge 4, respectivement. Ces valeurs ont été déterminées au moyen des résultats d'une VPA séparable (voir ci-après).

Les F-ratios (âge 7+ relatif à l'âge 6) ont été modélisés en estimant le ratio en 1975, puis en permettant une marche aléatoire (SD = 0,2). Cette option donne une certaine flexibilité au modèle lui permettant de mieux s'ajuster aux données, mais il n'est pas nécessaire d'estimer tous les F-ratios comme des valeurs indépendantes, ce qui entraînerait probablement un surparamétrage.

3.3.2 VPA séparable

La **Figure 25** présente une analyse de la courbe de capture par décennie des données de prise par âge, tandis que la **Figure 26** présente une VPA séparable des mêmes données. L'analyse de la courbe de capture fournit une estimation de Z alors que l'analyse séparable fournit une estimation de F. Des schémas similaires sont observés dans les deux figures, à savoir une augmentation de la mortalité des plus jeunes âges au cours des décennies ultérieures. Dans les années 1980 l'analyse de la courbe de capture présentait un Z élevé pour les plus jeunes âges, ce qui pourrait s'expliquer par un M plus élevé à ces âges étant donné que cela n'est pas apparu dans la VPA séparable. Toutes les modélisations ont été réalisées en utilisant FLR sous R.

3.4 Autres méthodes

3.4.1 Modèles de production structurés par âge

Une comparaison entre les modèles types simples structurés par âge de production des stocks et les modèles types plus complexes pleinement intégrés a été présentée dans le document SCRS/10/092. L'objectif principal de cette étude consistait à évaluer les résultats de l'utilisation des configurations simples du modèle de production des stocks par rapport aux configurations plus complexes du modèle pleinement intégré lorsqu'ils s'ajustent aux

données sur le thon obèse de 2007 et aux données les plus récentes de 2010. Le nombre de paramètres estimés pour chacun des modèles oscillait entre 3 et 146. Toutes les configurations du modèle ont été conçues en utilisant le modèle ASPIC ou le Stock Synthèse (SS). Le cadre SS a été configuré pour un modèle simple de production des stocks ainsi que pour un modèle plus complexe pleinement intégré. Les sept configurations du modèle ont estimé des résultats quelque peu similaires, mais avec quelques différences importantes. Les configurations du modèle type de production des stocks, tant du modèle ASPIC que SS, tendaient à estimer la stabilité récente au sein du point de référence B/BPME. Les configurations du modèle pleinement intégré, d'autre part, estimaient une baisse plus marquée au sein du même point de référence pour la même période, même si elles ne coïncidaient pas entièrement quant à la valeur absolue de B/BPME pour l'année terminale. Ces différences peuvent s'expliquer en partie par le fait que les modèles pleinement intégrés ne postulent pas que tous les poissons sont sélectionnés de la même manière et complètement par chaque pêcherie. Cela pourrait être particulièrement important étant donné que la taille moyenne du thon obèse connaît une baisse constante. Compte tenu du niveau élevé de variabilité de la sélectivité des flottilles qui exploitent le thon obèse et de la quantité de données disponibles alimentant le modèle d'évaluation, cette étude est arrivée à la conclusion que les évaluations effectuées avec le modèle d'évaluation pleinement intégré permet d'obtenir des observations importantes qui pourraient échapper au modèle de type « production des stocks ». Les conclusions de cette étude comprenaient : (1) Bien que le modèle ASPIC_07 obtenait un ajustement satisfaisant, certains paramètres du modèle SS ASPIC_07 ont été limités au cours de l'estimation, (2) la « stabilisation » récente de la B/BPME estimée par les modèles de production des stocks n'apparaissait pas clairement dans les modèles pleinement intégrés. Cela pourrait s'expliquer par le postulat de la sélectivité complète réalisée par les modèles de production des stocks. La diminution constante de la taille moyenne observée du thon obèse peut être à l'origine de cette différence. Cette observation pourrait être mieux saisie par une VPA ou par une approche de modélisation pleinement intégrée.

D'autres modèles de SS configurés en tant que modèle de production structuré par âge ont été réalisés au cours de la réunion. Quatre configurations ont été examinées. Chacune d'entre elles utilisait l'un des quatre indices combinés convenus (1. pondéré par capture; 2. uniquement à partir de 1971 ; 3. à l'exception des années antérieures à 1970 pour le Taipei chinois ; 4. à l'exception des années antérieures à 1970 pour le Japon). L'analyse MCMC a été réalisée pour chacun de ces modèles afin de produire des distributions de probabilité concernant les paramètres estimés et provenant des critères de gestion. La forme des distributions des estimations de l'inclinaison (qui s'apparente à r) était souvent délimitée (**Figure 27**, jeu de données 1 et jeu de données 3) ou relativement grande dans la déviation type (jeu de données 2 et jeu de données 4). Ceci semble indiquer qu'il n'existe peut-être pas de signal clair dans les séries temporelles combinées de CPUE à l'égard de la productivité des stocks. Dès lors, à l'instar de ce que les scénarios bootstrap d'ASPIC ont fait apparaître, les estimations actuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} doivent être considérées en conséquence (**Figure 28**).

3.4.2 Modèles pleinement intégrés

La configuration du modèle SS pleinement intégré est détaillée dans le document SCRS/10/92. Il a été considéré que le scénario « SS_fix » correspondait à la configuration du modèle de base. La précédente structure du modèle MFCL 2007 a été conservée, avec 8 classes d'âge annuelles, trois régions de pêche et quatre trimestres (de trois mois). Il a été fixé que le recrutement se produise de la même manière pour chaque trimestre (à savoir 25 %), avec 5 % ayant lieu dans les zones 1 et 3 et 90 % dans la zone 2. Lorsqu'ils ont atteint l'âge 1, les poissons ont été autorisés à se déplacer entre les zones 1 et 2 ainsi qu'entre les zones 2 et 3. Le calendrier MFCL de l'âge de maturité de 2007 a été utilisé tel quel. Les valeurs biologiques ont été fixées au même niveau en ce qui concerne la mortalité naturelle (0,8 pour l'âge 0 et 1, 0,4 pour tous les âges suivants), les paramètres de croissance von Bertalanffy et la variation de la taille par âge, la relation taille-poids, la maturité et la contribution reproductrice par âge. Les cohortes de croissance, les changements de séries temporelles de la sélectivité des pêcheries et les paramètres biologiques n'ont pas été utilisés. Les paramètres estimés comprenaient les paramètres de mouvement, R_0 , l'inclinaison, les déviations de recrutement annuel, la mortalité par pêche initiale, la capturabilité globale de la flottille et les paramètres de sélectivité fondés sur la taille. Un total de 120 paramètres a été estimé.

4 Résultats de l'état du stock

4.1 Modèles de production

4.1.1 ASPIC

Les paramètres des valeurs d'entrée pour tous les cas sont illustrés au **Tableau 12**. Les indices de CPUE combinés ainsi que les données de capture utilisés pour les analyses sont présentés dans le **Tableau 21**. Le **Tableau 23** présente les 39 scénarios de sensibilité convergeant n'ayant pas été réalisés par bootstrap (**Tableau 22**) et le pourcentage de scénarios de sensibilité fructueux convergeant pour chacun des douze cas. Les séries temporelles de B/B_{PME} et de F/F_{PME} de tous les scénarios convergeant sont présentés à la **Figure 29**. Une sélection a ensuite été réalisée de quatre cas remplissant les critères de production de résultats plausibles. Ces derniers ont été choisis pour un examen par bootstrap (**Figure 30**). Les paramètres des valeurs d'entrée des quatre autres scénarios par bootstrap sont présentés au **Tableau 24**. Parmi ceux-ci, trois scénarios par bootstrap (scénarios 03, 05 et 06) ont été réalisés étant donné que l'examen par bootstrap du scénario 07 n'a pas été concluant.

Les résultats fondés sur les trois cas suggèrent que le niveau d'exploitation de ces dernières années présentait des cas différents (le ratio B_{2009}/B_{PME} varie de 0,716 à 1,379 et le ratio F_{2009}/F_{PME} varie de 0,752 à 1,252, cf. **Figures 31-33** et **Tableau 25**). Les diagrammes de phase combinée de trois cas sont présentés à la **Figure 34**. Les médianes de B_{2009}/B_{PME} et F_{2009}/F_{PME} estimées à partir des 3000 résultats par bootstrap découlant de la combinaison des résultats des trois cas s'élevaient à 1,052 et 0,950, respectivement, ce qui est légèrement supérieur au niveau que produit la PME. Il est estimé que la PME oscille entre 84.220 t et 98.290 t (**Tableau 25**), ce qui se rapproche de la capture de 2009 (87.926 t).

Projections

Des projections de population par bootstrap ont été réalisées à l'aide du modèle ASPIC (cf. section 3.1) avec les trois cas (scénarios 03, 05 et 06). La capture de 2010 a été établie comme la capture déclarée de 2009 (87.926 t) et par la suite (2011-2020) des politiques de capture constante de 50 000, 60 000, 70 000, 80 000, 90 000, 100 000, 110 000 et 120 000 t ainsi que des scénarios de F constant (se rapportant au F récent, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 % et 110 %) ont été menés. Des estimations ponctuelles indiquent que le stock devrait se rétablir si les captures constantes futures de chaque cas sont inférieures à 80 000 t, 70 000 t et 90 000 t, respectivement (un niveau identique ou inférieur à la PME estimée (de 84.220 t à 98.290 t) par ASPIC, et si les F constants (se rapportant au F récent) de chaque cas sont supérieurs à 90 %, 90 % et 100 % respectivement (**Figures 35-37**). Les trajectoires de la médiane de la biomasse ainsi que les limites de confiance de 80 % pour chaque politique de capture constante sont illustrées aux **Figures 38-40**. La **Figure 41** présente la probabilité selon laquelle la mortalité par pêche F est inférieure à F_{PME} et que B est inférieure à B_{PME} selon les calculs utilisant les projections de la biomasse de 2010 à 2030 et en prenant en considération diverses valeurs de capture constante de 60 000 à 110 000 t.

4.1.2. Modèle PROCEAN

Les modèles s'ajustaient correctement aux données de capture bien que les valeurs résiduelles du début de la série temporelle se fondaient sur le postulat de normalité (**Figure 42**). Les estimations des paramètres du modèle et des paramètres de gestion des pêcheries associés sont présentées aux **Tableaux 26** et **27** respectivement. Le paramètre de forme m du modèle de production généralisé oscillait entre 1,16 et 4,41 (**Tableau 26**), ce qui faisait apparaître des changements importants de la forme de la courbe fonctionnelle en fonction de la série temporelle de données utilisée. De la même façon, le paramètre du taux de croissance r s'inscrivait dans une fourchette variant de 0,12 à 0,81. Ces variations peuvent s'expliquer par les changements importants observés au début de la série temporelle disponible de l'indice d'abondance qui ont été examinés ailleurs (par ex. Polacheck 2006). Les estimations de la PME oscillaient entre environ 64 000 t et 100 000 t en fonction de la sélection de données dans les années 1960. La série temporelle plus courte de l'indice d'abondance, à savoir 1971-2008, a produit la valeur de PME la plus basse (64 000 t) et à une situation de surpêche à la fin de la première décennie 2000 ($F_{2008} > F_{PME}$ et $B_{2008} < B_{PME}$).

D'une manière générale, les 4 sorties du modèle présentaient une évolution relativement similaire du ratio de la biomasse (B/B_{PME}) et (F/F_{PME}) à travers le temps, passant d'une situation de sous-exploitation dans les années 1970 et 1980 à une situation de surpêche dans les années 1990 (**Figure 43**). Cependant, les modèles ont conduit à des diagnostics différents au cours des dernières années 2000, selon le type de pondération utilisée. Les sorties

du modèle 1-3 étaient relativement similaires et ont suggéré une diminution de la mortalité par pêche à partir du début des années 2000 jusqu'en 2008 alors que la sortie du modèle 4 présentait une diminution plus marquée de la mortalité par pêche F et une augmentation concomitante de la biomasse B (**Figure 43**).

4.1.3. Modèle de production bayésienne

La **Figure 44** illustre les distributions *a posteriori*. Le Groupe de travail a estimé que, malgré le fait qu'il n'existait pas de convergence de l'importance vers la fonction *a posteriori* dans l'analyse des jeux de données pondérées par les captures avec des priors non-informatifs, les estimations des paramètres n'étaient pas cohérents biologiquement. Par conséquent, ces résultats n'ont pas été considérés ultérieurement. Toutes les distributions *a posteriori* présentaient des différences par rapport aux priors, ce qui reflète que les données ont été quelque peu informatives. Les ajustements du modèle qui se sont avérés cohérent avec la biologie du thon obèse et les connaissances sur la pêcherie du thon obèse sont présentés à la **Figure 45**. Dans tous les scénarios, les ajustements du modèle étaient relativement bons à partir de la fin des années 1970. À l'exception du modèle ajusté à la série 5 de l'indice d'abondance (jeu de données dans lequel les données du Japon avant 1970 n'ont pas été considérées), tous les scénarios présentaient une nette tendance à la hausse après le début des années 2000.

Un résumé des points de référence fondés sur les distributions *a posteriori* est présenté dans les **Tableaux 28-32**. À l'exception des résultats obtenus sur la base de la série temporelle 5, tous les résultats sont optimistes par rapport à l'état du stock. Dans ces cas-là, la biomasse du stock des dernières années serait plus élevée que la biomasse à la PME (B_{PME}) alors que la mortalité par pêche actuelle serait plus basse que la mortalité par pêche à la PME (F_{PME}).

Les diagrammes de phase indiquent que le stock du thon obèse pourrait avoir fait l'objet d'une surpêche ($F > F_{PME}$ et $B < B_{PME}$) au début des années 2000, alors que la probabilité que $F/F_{PME} < 1$ et $B/B_{PME} > 1$ actuellement est relativement élevée (**Figure 46**). Seules les sorties du modèle réalisées pour l'indice d'abondance à l'exception des données des palangriers japonais avant 1970 suggèrent que le stock puisse actuellement faire l'objet de surpêche.

Projections

Afin d'évaluer les conséquences des valeurs alternatives de TAC, les modèles ont été appliqués dans le but d'estimer les projections de la biomasse selon différents scénarios fondés sur l'échantillonnage *a posteriori* des paramètres. Les projections n'incluaient pas l'erreur de processus. La biomasse du stock a été projetée pour 2010-2030 au moyen des valeurs de TAC oscillant entre 60 000 et 110 000 t. Les projections de la médiane sont présentées à la **Figure 47**. Le scénario le plus optimiste s'est présenté lorsque les données pondérées par zone étaient utilisées (**Figure 47**). Les résultats obtenus lorsque les données du Japon d'années antérieures à 1970 étaient rejetées offraient le scénario le plus pessimiste.

Ces résultats ont été utilisés pour calculer la probabilité selon laquelle la mortalité par pêche (F) est plus importante que F_{PME} et que B est inférieur à B_{PME} pour l'ensemble des années et de valeurs de TAC utilisées dans les simulations (**Figure 41**). Tel qu'indiqué ci-dessus, le scénario le plus pessimiste s'est présenté lorsque les données du Japon antérieures à 1970 n'étaient pas considérées. Dans d'autres scénarios, les médianes *a posteriori* pour B/B_{PME} étaient toutes supérieures à 1 tandis que les médianes pour F/F_{PME} étaient inférieures à 1.

4.2 MULTIFAN-CL

Résumé des résultats. Le **Tableau 33** résume les résultats obtenus des divers scénarios réalisés pendant la réunion. Le Groupe de travail n'a pas choisi de cas de base pour élaborer des avis de gestion. Cependant, il a été accordé que les résultats étaient utiles pour tester les postulats du modèle et les implications de l'inclusion ou de l'exclusion de certaines données. Des commentaires sur diverses options de modèles sont fournis ci-dessous.

Scénario de continuité. Bien que le scénario 1 ait été présenté dans un premier temps comme un scénario de continuité (SCRS/10/091), il comprenait une série temporelle remontant à 1950 et présentait un vecteur M par âge légèrement différent à celui du scénario de continuité de 2007. Le scénario 3 a ainsi été conçu en y incluant la même date de départ et le même vecteur M par âge que ceux utilisés lors de l'évaluation de 2007 et le Groupe l'a par conséquent considéré en tant que scénario de continuité. La série temporelle des principaux résultats du scénario 3 est présentée à la **Figure 48**.

Informations de marquage. Le modèle comportant trois régions excluant les données de marquage (scénario 2) a produit des résultats beaucoup plus optimistes avec une augmentation des estimations du recrutement et de la biomasse (**Table 33** et **Figure 49**). La PME était deux fois plus élevée que dans la sortie du modèle de continuité. Cela pourrait indiquer que les données de marquage contiennent d'importantes informations relatives au mouvement des thons entre des régions et à la distribution relative du recrutement, lorsque les données de marquage ne sont pas considérées, le modèle postule des quantités élevées de biomasse non pêchée dans les régions 1 et 3 et postule également que tous les recrutements se répartissent de la même façon dans les différentes régions. Les données de marquage tendraient à indiquer que des mouvements réduits ont lieu entre les régions et que dès lors le recrutement se concentre dans la région 2.

Effet du postulat sur la capturabilité : Le Groupe s'est dit préoccupé par le fait que les séries temporelles de capturabilité, notamment pour la pêcherie 5 qui dégageait une capturabilité descendante dans le temps, étaient irréalistes. Par conséquent, un scénario alternatif a été réalisé en supprimant l'estimation d'une série temporelle dans la capturabilité (Scénario 4). Cela a donné lieu à un modèle doté d'estimations de la biomasse plus optimistes, ainsi que de points de référence associés de la PME (**Tableau 33**). Ceci est probablement dû au postulat supprimant également les séries temporelles de capturabilité ascendantes pour plusieurs pêcheries de senneurs.

Effet de M. Dans les scénarios 6 et 8, le vecteur de M par âge était différent de la valeur calculée par MFCL en 2007 et utilisée pour le scénario de continuité. Malheureusement, le Scénario 6 n'a pas été en mesure de faire correspondre avec précision le vecteur M par âge de la VPA et il ne sera donc pas examiné plus avant. En général, le vecteur de M par âge a eu un effet important sur le modèle, les vecteurs supérieurs de M (Scénario 4) produisant des sorties du modèle plus optimistes que le modèle utilisant le vecteur de M par âge de la WCPFC (Scénario 8) (**Tableau 33** et **Figure 50**).

Effet de la variabilité du recrutement. Le Groupe s'est montré préoccupé par le fait que les deux modèles intégrés (SS3 et MFCL) ont fait apparaître des chutes à la fois du recrutement et de la biomasse globale au cours des toutes dernières années du modèle, tandis que certains modèles de production excédentaire ont fait apparaître une stabilisation, ou même un rétablissement de la biomasse au cours des dernières années du modèle. Il a donc été suggéré que les modèles MFCL tentaient d'expliquer une chute de la capture au cours de ces dernières années par une diminution du recrutement. En conséquence, on a réalisé un scénario qui augmentait les contraintes sur les déviations du recrutement dans le temps (Scénario 7). Ceci semble avoir eu peu d'effet sur l'estimation de la biomasse par le modèle au cours de ces dernières années ou sur le recrutement (**Figure 51**). Ceci pourrait être dû au fait que la série de CPUE, notamment pour les pêcheries 3 et 4, était bruyante et calculée à partir des données de la Tâche II de l'ICCAT. Le modèle a donc continué à expliquer la baisse de la capture par une chute du recrutement.

Les tendances des séries temporelles de F/F_{PME} et B/B_{PME} estimées pour les Scénarios 3, 4, 7 et 8 réalisés par Multifan-CL se trouvent à la **Figure 52**. Sur ces scénarios, seul le Scénario 8 a estimé que la progression de F/F_{PME} et B/B_{PME} a cessé là où B_{actuel} est inférieur à B_{PME} et F est supérieur à F_{PME} . Les estimations du Scénario 3 sont auparavant entrées dans cette région, mais s'en sont éloignées par la suite.

4.3 VPA

Le Groupe de travail a sélectionné trois scénarios pour représenter les sorties de VPA les "plus plausibles". La décision s'est fondée sur le comportement et les diagnostics de la VPA. Les trois scénarios peuvent être décrits comme suit :

Scénario 1 : Le scénario initial doté de tous les indices a utilisé des prises par âge spécifiques des flottilles afin d'estimer la vulnérabilité des indices.

Scénario 2 : Semblable au Scénario 1, mais la vulnérabilité de l'indice des flottilles palangrières étant fixée à 1,0 après l'âge de pleine vulnérabilité.

Scénario 6 : Semblable au Scénario 1, mais excluant l'indice des senneurs européens.

Les résultats des trois scénarios des cas de base du modèle VPA étaient assez similaires. Tous indiquent une chute de l'abondance du stock reproducteur (en nombre), à partir du milieu des années 70 (**Figure 53**). L'abondance du stock reproducteur a récemment augmenté légèrement.

La mortalité par pêche de tous les âges a considérablement augmenté depuis 1990 (**Figure 54**). La mortalité par pêche est particulièrement élevée aux âges 0 et 1, qui sont sélectionnés à l'engin de senne, et à l'âge 5+ qui est entièrement sélectionné à la palangre.

La mortalité par pêche apicale (le maximum de F par âge dans une année donnée) a fortement augmenté au cours de la série temporelle (**Figure 55**). La trajectoire de F/F_{PME} apicale indique que la surpêche a commencé à se produire à la moitié des années 90, et que la mortalité par pêche a depuis lors généralement dépassé le seuil de surpêche ($F/F_{PME} = 1$). Selon les résultats des évaluations de la VPA, F/F_{PME} actuel¹ s'élevait à 1,35, 1,25 et 1,36 pour les Scénarios 1, 2 et 6 respectivement, ce qui indique que la mortalité par pêche est en-dessus du seuil de surpêche.

La biomasse du stock reproducteur a généralement chuté pendant les séries temporelles (**Figure 56**). En 1975, la médiane de la biomasse du stock reproducteur se rapprochait de 1,5 million de t. En 2009, la SSB était inférieure à 500.000 t.

Les relations reproducteur-recrutement obtenues de la VPA sont illustrées à la **Figure 57**. Une fonction de Beverton et Holt a été ajustée aux données pour chaque modèle. Les paramètres de la fonction de Beverton et Holt, la biomasse reproductrice non-exploitée (S_0) et les estimations de l'inclinaison sont résumés ci-après. Les modèles de la VPA ont estimé l'inclinaison du thon obèse dans une fourchette de 0,47 à 0,61. Afin d'estimer S_0 , les modèles de la VPA ont été projetés jusqu'en 2020 (en conditions d'équilibre), avec aucune prise permise.

Scénario	Alpha	Beta	Biomasse vierge	Inclinaison
1	7,44E+07	2,90E+05	1,37E+06	0,59
2	7,11E+07	2,49E+05	1,34E+06	0,61
6	9,5E+07	5,48E+05	1,61E+06	0,47

La SSB/SSB_{PME} du thon obèse a généralement chuté pendant les séries temporelles (**Figure 58**). Selon les résultats de la VPA, la SSB a chuté en-dessous de SSB_{PME} correspondant à la PME en 2000, et elle a poursuivi sa baisse jusqu'au milieu des années 2000. Depuis lors, la chute de la SSB/SSB_{PME} a cessé, le stock étant resté stable, bien que surpêché. Selon les résultats des évaluations de la VPA, les Scénarios 1, 2 et 6 faisaient respectivement apparaître une SSB_{2008}/SSB_{PME} de 0,64, 0,69 et 0,63.

L'incertitude entourant l'état actuel du stock a été obtenue en réalisant un bootstrap des valeurs résiduelles des indices d'abondance ($n=1000$). Les estimations résultantes de l'état du stock sont illustrées à la **Figure 59**. Comme les résultats sont si similaires, ils ont également été combinés dans une distribution conjointe (**Figure 60**). Sur les 3.000 bootstraps obtenus des résultats combinés, 2% indiquent un état du stock en bonne santé, 9% indiquent une surpêche ou un état surexploité et 89% indiquent à la fois une surpêche et un état surexploité.

Projections

Pour les scénarios du modèle de VPA, des projections ont été effectuées jusqu'en 2021 en utilisant le logiciel de projection PRO-2BOX². Afin d'estimer la variance, 1.000 bootstraps ont été réalisés. Cette méthode tient compte de la variabilité inhérente aux estimations des paramètres, y compris les valeurs résiduelles des indices et la variance du recrutement. Les paramètres de recrutement du stock ont été estimés lors de la projection comme des déviations de la fonction de recrutement du stock Beverton et Holt estimée. Comme cela s'est fait dans l'évaluation antérieure, des suppositions ont été initialement avancées pour les paramètres de la relation S/R ($\alpha = 2.2E5$, $\beta = 1.6E4$). La variance autorisée de la relation S/R estimée a été établie à $SD=0,4$.

Treize projections de capture constante (de 2011 à 2021) ont été réalisées pour les trois sorties du modèle de VPA. La capture en 2009 et 2010 a été fixée à 87.900 t.

- 1) 60.000 t
- 2) 65.000 t
- 3) 70.000 t
- 4) 75.000 t
- 5) 80.000 t
- 6) 85.000 t
- 7) 90.000 t
- 8) 95.000 t
- 9) 100.000 t
- 10) 105.000 t
- 11) 110.000 t
- 12) 115.000 t
- 13) 120.000 t

¹ Afin de calculer F actuel, calculer la moyenne géométrique F par âge pour les années 2005 à 2007, puis trouver le maximum du vecteur F par âge résultant.

² Version 2.01, Porch, catalogue de logiciels ICCAT.

Les résultats sont repris dans la **Figure 61**. Selon les projections du Scénario 1, la médiane de la PME = 82.000 t. Les implications du Scénario 1 sont que les niveaux de capture inférieurs à 60.000 t sont tenus de permettre à la SSB de se rétablir au niveau de la SSB_{PME} d'ici à 2021. Des niveaux de capture inférieurs à 70.000 t sont nécessaires pour mettre un terme à la surpêche avant 2021. Des niveaux de capture supérieurs à 85.000 t entraînent la poursuite de la raréfaction du stock.

Selon les projections du Scénario 2, la médiane de la PME = 83.600 t. Des niveaux de capture inférieurs à 65.000 t sont nécessaires pour permettre à la SSB de se rétablir au niveau de la SSB_{PME} d'ici à 2021. Des niveaux de capture inférieurs à 75.000 t sont nécessaires pour mettre un terme à la surpêche avant 2021. Des niveaux de capture supérieurs à 85.000 t entraînent la poursuite de la raréfaction du stock.

Selon les projections du Scénario 6, la médiane de la PME = 77.100 t. Des niveaux de capture inférieurs à 60.000 t sont nécessaires pour permettre à la SSB de se rétablir au niveau de la SSB_{PME} d'ici à 2021. Des niveaux de capture inférieurs à 65.000 t sont nécessaires pour mettre un terme à la surpêche avant 2021. Des niveaux de capture supérieurs à 80.000 t entraînent la poursuite de la raréfaction du stock.

4.4 Autres méthodes

Contrairement à la courbe de production obtenue du modèle structuré par âge (**Figure 62**), la courbe de production estimée du modèle complètement intégré fait apparaître une déviation marquée par rapport à une courbe symétrique postulée par le modèle logistique de Shaefer (**Figure 63**). L'écart dans cette forme est vraisemblablement dû à la différence des postulats relatifs à la sélectivité. Ceci appuie davantage la recherche du Groupe de travail visant à utiliser un paramètre de forme dans les modèles de type stock-production.

La **Figure 64** décrit les estimations des paramètres de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour le modèle complètement intégré SS_{fix} et le Scénario 3 d'ASPIC. La tendance globale des paramètres dégage une assez bonne harmonie, tandis que les estimations des dernières années font apparaître une certaine discordance. Aux termes de ses discussions, le Groupe de travail a conclu que cette différence était probablement due au fait que le modèle complètement intégré est influencé par l'indice des semeurs opérant avec DCP, lequel est biaisé envers les poissons plus petits. L'indice n'a pas été inclus dans l'indice combiné utilisé pour réaliser le Scénario 3 avec ASPIC.

Les estimations annuelles de la production par recrue obtenues du modèle complètement intégré SS_{fix} ont été comparées aux estimations du modèle MFCL réalisées dans le Scénario 8. Les deux modèles font apparaître que la production par recrue a atteint un chiffre record à la fin des années 90 et qu'elle est en chute régulière depuis lors. Cette remarque coïncide avec l'observation selon laquelle les poissons plus petits deviennent plus répandus dans la capture, ce qui ressortait clairement de la prise par âge de la VPA. Le ratio de la mortalité par pêche de l'âge 1 aux âges 2+ fait également apparaître un déplacement vers des poissons plus petits (**Figure 65**). Il semble donc vraisemblable que la tendance à capturer des poissons plus petits diminue l'efficacité de la pêcherie.

Les résultats susmentionnés indiquent que l'on pourrait passer à côté d'importantes informations sur la population et la pêcherie si l'on n'utilise pas la gamme complète des données disponibles pour la pêcherie. Des modèles complètement intégrés, tels que MFCL et SS, sont en mesure de cerner davantage de détails et de fournir une vision plus holistique de la pêcherie. Ceci est particulièrement vrai pour une pêcherie, comme celle du thon obèse, où les sélectivités des différents types d'engins sont très disparates. Le Groupe de travail a recommandé que des modèles complètement intégrés, comme MFCL et SS, continuent à faire l'objet de recherche, en tant qu'outil permettant d'explorer la possible condition des stocks relevant de l'ICCAT. Il a toutefois reconnu que la complexité des modèles doit être ajoutée avec précaution et devrait être proportionnelle à la quantité et à la qualité des données disponibles.

4.5 Synthèse des résultats de l'évaluation

Lors des deux dernières évaluations du thon obèse ayant eu lieu en 2004 et 2007, la détermination de l'état du stock reposait principalement sur les résultats du modèle de production obtenus avec ASPIC. Les résultats de la toolbox VPA ont été utilisés pour définir l'incertitude entourant l'état du stock comme étant liée à la structure du modèle. Le Multifan CL a également été utilisé en 2007 et les résultats en découlant ont été utilisés pour explorer les gains obtenus en intégrant davantage de sources de données (telles que le marquage, les données de composition de longueur) et en ajoutant la structure spatiale dans le modèle d'évaluation.

L'évaluation du stock de 2010 a été réalisée en utilisant divers types de modèles. La liste des méthodes à utiliser dans l'évaluation de l'état du stock et la conception des projections du stock a été élaborée lors de la réunion de préparation des données sur le thon obèse (SCRS/2010/011). Cette liste englobait les trois catégories de méthodes utilisées dans les dernières évaluations : modèles de production, analyse de populations virtuelles et

modèles pleinement intégrés. Au sein de chacune de ces catégories, plusieurs versions de chaque modèle ont été utilisées fournissant un vaste éventail d'outils méthodologiques qui reflètent l'incertitude structurelle entourant ce qui peut être le modèle idéal représentant les dynamiques du stock de thon obèse. Les données d'entrée de ces modèles ont été principalement développées au cours de la réunion de préparation des données, toutefois, quelques données ont été préparées pendant la période intersession entre la réunion de préparation des données et la réunion d'évaluation (par exemple la prise par taille, la prise par âge, d'autres indices de CPUE pour les flottilles MULTIFAN). Quelques modifications finales ont été apportées à ces données d'entrées au cours de la réunion d'évaluation, telles que la ré-estimation des indices combinés de CPUE pour les modèles de production, une mise à jour de la prise totale de 2009 et une estimation préliminaire de la prise de 2010. La plupart des autres changements des données d'entrée adoptés au cours de l'évaluation se rapportent à des modifications des options des paramètres pour les différents modèles.

Afin 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 2007, un modèle ASPIC a été exécuté avec la même configuration que celle de 2007 – il s'agit d'un scénario de continuité. Ce nouveau scénario diffère uniquement de celui de 2007 en ce que les estimations de capture contiennent des années de données additionnelles (2006-2008), et que l'indice combiné d'abondance a été estimé avec des indices qui ont été présentés pendant la réunion de préparation de 2010. Comme cela a été le cas en 2007, les indices de CPUE de la flottille du Taïpei chinois n'ont pas été utilisés pendant la période initiale de la pêcherie (avant 1971); toutefois, d'autres nouveaux indices fournis en 2010, tels que les indices marocains et uruguayens, ont été inclus. Ce scénario fournit une vision similaire sur la productivité et l'état du stock de thon obèse à celle obtenue en 2007 ; toutefois, il suggère que la biomasse et la mortalité par pêche ont légèrement augmenté entre 2005 et 2008.

Conformément aux évaluations précédentes du thon obèse de l'Atlantique, les résultats des modèles de production en conditions de non-équilibre sont utilisés pour fournir notre meilleure caractérisation de l'état de la ressource. La PME actuelle, estimée à l'aide de trois types de modèles de production, s'élevait à environ 90.000t, chiffre similaire aux prises estimées postulées au titre de 2009, bien que l'incertitude entourant les estimations élargisse cette gamme. En outre, ces estimations reflètent le mélange relatif actuel des pêcheries qui capturent des thons obèses petits ou grands ; la PME peut changer considérablement en fonction des changements dans l'effort de pêche relatif exercé par les pêcheries de surface et de palangre.

La trajectoire estimée du stock est illustrée à la **Figure 66**. Au début de 2010, la biomasse était estimée se situer à presque 100% de la biomasse correspondant à la PME et le taux de mortalité par pêche de 2009 était estimé se situer à environ 5% en dessous du taux de mortalité par pêche correspondant à la PME. La production de remplacement pour 2009 était estimée se situer approximativement au niveau de la PME.

Le Groupe de travail a constaté qu'il existait une incertitude considérable dans l'évaluation de l'état du stock et de la productivité du thon obèse, comme cela avait été noté dans des évaluations antérieures (Anon., 2008). Il existe de nombreuses sources d'incertitude, à savoir quelle méthode représente le mieux la dynamique du stock, quelle méthode est mieux étayée par les données disponibles, quels indices d'abondance relatifs sont appropriés pour être employés dans l'évaluation, et quelle précision est associée à la mesure/au calcul de chacune des entrées du modèle. En général, la disponibilité des données s'est améliorée depuis 2007, mais il y a encore une insuffisance d'information en ce qui concerne les données détaillées de pêche et de taille de certaines flottilles. Cet élément, conjugué à l'absence d'informations historiques détaillées sur la capture et les activités de pêche des flottilles IUU (p.ex. taille, emplacement et prise totale), contraint le Groupe de travail à formuler de nombreux postulats sur la prise par taille pour une part importante de la capture globale. Afin de représenter cette incertitude, le Groupe de travail a décidé de présenter tout d'abord un résumé de l'incertitude liée à la structure de la combinaison méthode/données utilisée. Comme on peut le voir au **Tableau 34**, des différences apparaissent dans les estimations des paramètres de gestion en fonction de la méthode utilisée et des données d'entrée employées. Les estimations de la PME ont varié entre 70.000 t et 90.000 t.

Les estimations de l'incertitude associée aux données sont supérieures à celles associées à l'incertitude du modèle et elles peuvent être aperçues en examinant les résultats par bootstrap obtenus des trois modèles de production ASPIC sélectionnés (**Figures 66-67**).

5 Projections

Dans la [Rés. 09-12], la Commission a prévu des conditions spécifiques concernant l'information devant être incluse dans la matrice de stratégie de Kobe, et elle a demandé au SCRS de compléter la matrice de Kobe avec les niveaux de capture correspondants afin de fournir un avis de gestion à la Commission en 2010 pour le thon rouge et le thon obèse. A sa réunion de 2010, le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation (SCRS/2010/010) a formulé de nouvelles recommandations visant à faciliter la construction et l'interprétation de la Matrice de stratégie de Kobe II (K2SM) (p.ex. directives pour l'application de la K2SM, spécifications relatives aux méthodes de projection et recommandations visant au développement de matrices de Kobe). Le Groupe de travail a donc formulé les perspectives suivantes pour le thon obèse de l'Atlantique dans la matrice de stratégie de Kobe.

Compte tenu de l'incertitude quantifiée dans l'évaluation de 2010, les perspectives pour le thon obèse de l'Atlantique sont présentées au **Tableau 35** et à la **Figure 68**, lesquels fournissent une caractérisation des perspectives du stock d'atteindre les niveaux conformes à l'objectif de la Convention ou de s'y maintenir, dans le temps, pour différents niveaux de prise constante future. Il convient de noter que les probabilités modélisées du maintien du stock à des niveaux conformes à l'objectif de la Convention avec le récent TAC ([Rec. 09-01] 85.000 t) dans les cinq prochaines années sont d'environ 60%. De plus grandes probabilités de rétablissement et de maintien du stock à des niveaux pouvant produire la PME sont associées à des captures plus faibles et les chances de succès inférieures sont associées à des captures supérieures au TAC récent.

6 Recommandations

6.1 Indicateurs des pêcheries

La taille et la puissance d'une flottille de pêche peuvent constituer des indicateurs utiles des tendances de la capacité de pêche. Même si certaines données sur les flottilles par type de navire sont rattachées à l'engin de pêche, les statistiques et les informations existantes sur les navires ne reflètent pas nécessairement les activités opérationnelles des navires. A cet égard, les CPC ont été encouragées à développer plus avant des indicateurs des pêcheries pour toutes les catégories de leur flottille par zone dans l'océan Atlantique. Etant donné que les scientifiques nationaux connaissent mieux leurs pêcheries et peuvent par conséquent définir des procédures visant à obtenir ces données de façon plus précise que celle définie par le Secrétariat, le Groupe de travail a recommandé que les scientifiques nationaux fournissent ces indicateurs afin d'actualiser tous les ans la base de données au Secrétariat.

Les scientifiques devraient fournir, avec la prise par taille, des données de taille brutes et des informations détaillées sur la procédure suivie pour estimer les données de prise par taille. Ces indicateurs sont essentiels en tant qu'information de référence pour analyser les tendances des taux de capture (CPUE), principalement pour les modèles de VPA dans l'évaluation des stocks.

6.2 Examen des saisies de données et des choix de modèles

Afin de contribuer à la transparence et de faciliter la documentation des choix effectués pendant le processus d'évaluation d'un stock, p.ex. lorsqu'il s'agit de déterminer des paramètres d'entrée et d'autres options utilisées pour réaliser différents scénarios, le Groupe de travail a recommandé de mettre au point des protocoles appropriés aux fins de la présentation de diagnostics. En outre, le rapporteur devrait documenter les procédures qui ont été suivies, et préciser notamment quels auteurs ont réalisé les différents scénarios, ainsi que les années de base utilisées pour les évaluations et les projections.

6.3 Ratios de croissance et de mortalité

Il est justifié d'élaborer des distributions a priori appropriées aux fins de leur utilisation dans, par exemple, des modèles bayésiens de production excédentaire.

Il conviendrait d'évaluer plus avant la méthode d'estimation de la mortalité par pêche dans le groupe d'âge + (p.ex. F-ratio).

6.4 Données de marquage

Il est manifeste que les données de marquage disponibles fournissent des informations supplémentaires utiles pour estimer l'état du stock de thon obèse. Or, on ne sait pas au juste si les postulats formulés en ce qui concerne les taux de transmission des marques sont exacts. C'est pourquoi il serait recommandable d'améliorer les taux de transmission des marques pour les pêcheries, et d'estimer les taux de transmission par le biais d'expériences directes, notamment pour la pêcherie palangrière, et également de continuer à améliorer la base de données de marquage.

6.5 Travaux futurs

- En raison de la gamme d'incertitudes identifiées dans la présente évaluation lorsque différents indices combinés étaient utilisés, le Groupe de travail préconise une révision des méthodes utilisées pour le développement d'indices combinés.
- Il conviendrait de mener à bien une estimation statistique de la prise par âge pour les espèces tropicales comme alternative à la méthode de découpage des âges. Afin de mieux paramétrer cette approche, il conviendrait de déterminer l'âge des pièces dures en prélevant des échantillons et d'utiliser les données existantes sur les pièces dures dans l'estimation.
- Il serait souhaitable d'actualiser les séries de CPUE standardisée pour les flottilles de senneurs tropicaux de l'UE.
- Il conviendrait de réexaminer la prise par taille de 1975-1979 ; et de 2006 et 1980-1987 pour les flottilles de senneurs de l'UE et du Ghana respectivement, étant donné que des schémas peu ordinaires se sont présentés dans l'évaluation.
- Le Groupe de travail a reconnu l'emploi de deux modèles intégrés (Multifan-CL et Stock Synthèse). Même si les applications de ces modèles au thon obèse peuvent être limitées en raison des données actuelles, le Groupe de travail était convaincu que l'on pourrait à l'avenir formuler un avis de gestion fondé sur ces modèles. Le maintien de la continuité structurelle dans les évaluations de stocks de l'ICCAT passerait par la formation et l'investissement dans ces modèles.

7 Autres questions

Compte tenu du volume de travail entrepris pendant les évaluations, il a été recommandé que des efforts soient déployés afin d'améliorer plus avant et de renforcer les installations informatiques (p.ex. achat de temps pour l'unité centrale) au Secrétariat pour permettre d'intégrer et d'exécuter les modèles plus rapidement et dans des délais raisonnables.

8 Adoption du rapport et clôture

Le rapport a été adopté pendant la réunion. Dr. Die a remercié les participants, le personnel d'AZTI et le Secrétariat pour leur travail intense et a levé la réunion.

Références

- Andrade, H. A. and Kinas, P.G. 2007, Decision analysis on the introduction of a new fishing fleet for skipjack tuna in the Southwest Atlantic. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* (2007), 2 (2): 131-148.
- Anon. 2005, Report of the 2004 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 28 to July 3, 2004). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58(1): 1-110.
- Anon., 2008, Report of the 2007 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 5 to 12, 2007). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 62(1): 97-239.
- Anon. 2010, Report of the 2009 Sailfish Stock Assessment (Recife, Brazil, June 1-5, 2009). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 65(5): 1507-1632.
- Bard, Y. 1974, *Nonlinear parameter estimation* (p. 341). Academic Press, New York.
- Fournier, D. 1996, *An introduction to AD Model Builder for use in nonlinear modeling and statistics*. Otter Research, Nanaimo, British Columbia, Canada.
- Gaertner, D., Marsac, F. 2000, Comparative analysis of the exploitation of bigeye tuna in the Indian and eastern Atlantic Oceans with emphasis on purse seine fisheries. 1st session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, Mahe, Seychelles, 4-8/09/99. WPTT/99/04: 15 p.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S. and Rubin, D.B. 1995, *Bayesian Data Analysis*. Chapman & Hall, London, 526 p.
- Griewank, A. and Corliss, G. 1991, *Automatic differentiation algorithms: theory, practice and application*. SIAM, Philadelphia.
- Hallier, J-P., Stequert, B., Maury, O. and Bard, F.X. 2005, Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 57(1): 181-194.
- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992, *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman & Hall, New York, USA.
- Katavic, I. Grubisic, Ticina, Mislov-Jelavic, K, Franicevic, V. and Skakelja, N. Growth performances of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) farmed in Croatian waters of the eastern Atlantic. SCRS/2009/190.
- Kell, L.T., Palma, C., and Tidd, A. 2010, Standardization of the North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) CPUE. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 65(4): 1357-1382.
- Laloë, F. 1995, Should surplus production models be fishery description tools rather than biological models? *Aquatic Living Resources*, 8, 1-16.
- Ludwig, D., and Walters, C. 1985, Are age structured models appropriate for catch-effort data? *Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*, 46, 1066-1072.
- Maunder, M. 2000, Software review: AD Model Builder. *AFSCUS*, 14(2), 10-14.
- Maunder, M.N. 2004, Population viability analysis based on combining Bayesian, integrated, and hierarchical analyses. *Acta Oecologica*, 85, 85-94.
- Maury, O. 2001, Multi-fleet non-equilibrium production models including stock surface to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. Application to the skipjack tuna's fishery (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 52(5): 1739-1752.
- Maury, O. 2001, PROCEAN: a production catch/effort analysis framework to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. *IOTC Proceedings*, 4, 228-231.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. 1989, *Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall.
- Ortiz, M. and Arocha, F. 2004, Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. *Fisheries Research* 70 (2004) 275-297.
- Parks, W., Bard, F.X., Cayré, P., Kume, S., Santos Guerra, Al. 1982, Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 17(1): 214-225.
- Pella, J.J. and Tomlinson, P.K. 1969, A generalized stock production model. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 13, 420-496.

- Polacheck, Tom. 2006, tuna longline catch rates in the Indian Ocean: did industrial fishing result in a 90% rapid decline in the abundance of large predatory species? *Marine Policy* [Mar. Policy]. Vol. 30. No. 5, pp. 470-482. Sep. 2006
- Prager, M. 2004, User's manual for ASPIC: A stock production model incorporating covariates (ver. 5) and auxiliary programs. Beaufort Laboratory Document. Miami, USA.
- Schaefer, M.B. 1954, Some aspects of the dynamics of populations important for the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1, 27-56.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. 2002, *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer.
- West, M. 1992, Modeling with mixtures. Pp. 503-524. In: Bernardo, J.M., Berger, J.O., Dawid, A.P. and Smith, A.F.M. (Eds.). *Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting*, Valencia, Spain. Clarendon Press, Oxford, 880 p.
- West, M. 1993, Approximating posterior distributions by mixtures. *Journal of the Royal Statistic Society: Series B*, 55: 409-422.

TABLEAUX

Tableau 1. Prises de thon obèse de l'Atlantique de la Tâche I (t) par année, engin principal et pavillon (les cellules ombrées en 2009 indiquent les estimations adoptées par le Groupe de travail).

Tableau 2. Indices d'abondance relative requis pour MULTIFAN-CL. Les indices calculés pendant la période intersession sont surlignés en gris.

Tableau 3. Analyse de variance pour les GLM.

Tableau 4. Indices standardisés pour les pêcheries 3 et 4.

Tableau 5. Indices standardisés pour les pêcheries 5, 6, 8, 12, 13, 14 et 15.

Tableau 6. Estimation de l'indice combiné d'abondance du thon obèse pour les modèles de production.

Tableau 7. Limites de découpage supérieures (cm) par trimestre de l'année utilisées pour convertir la prise par taille en prise par âge (à l'aide de l'équation de croissance de Hallier *et al.*, 2005). Chaque classe d'âge est assignée si la longueur du poisson est inférieure ou égale à la limite supérieure correspondante, et au-dessus de la limite supérieure pour la classe suivante de plus jeune âge.

Tableau 8. Matrices de prise par âge du thon obèse de l'Atlantique.

Tableau 9. Comparaison des proportions estimées par âge à partir du découpage des âges et de l'analyse statistique de la prise par âge.

Tableau 10. Comparaison de la taille moyenne par âge obtenue du découpage des âges et de l'analyse statistique de la prise par âge.

Tableau 11. Indices d'abondance combinés utilisés pour l'ajustement des modèles de production excédentaire.

Tableau 12. Paramètres des valeurs d'entrée et indices de CPUE de chaque sortie d'ASPIC pour l'estimation ponctuelle. Chaque paramètre correspond à celui qui apparaît de la première à la 24^{ème} ligne des fichiers de valeurs d'entrée d'ASPIC.

Tableau 13. Données d'entrée, limites des paramètres et distributions a priori utilisées pour les scénarios de PROCEAN. Le **Tableau 11** fournit la description des séries temporelles des indices d'abondance combinés.

Tableau 14. Sorties du modèle de la version bayésienne du modèle Schaefer utilisant l'algorithme de l'échantillonnage d'importance adaptative/échantillonnage avec rééchantillonnage par importance (AID/SIR). Les valeurs dans la colonne de droite (entropie) correspondent aux calculs d'un critère destiné à mesurer dans quelle mesure la fonction d'importance est proche de la distribution a posteriori. Les valeurs en caractères gris indiquent qu'il n'y a pas de convergence de la fonction d'importance vers la distribution a posteriori.

Tableau 15. Description des différentes sorties de Multifan-CL.

Tableau 16. Matrice de prise par âge utilisée pour les sorties de VPA.

Tableau 17. Indices d'abondance disponibles pour l'évaluation de la VPA.

Tableau 18. Prises par âge partielles pour l'évaluation de la VPA.

Tableau 19. Poids par âge spécifiques des flottilles pour l'évaluation de la VPA. Utilisés pour convertir en nombres les indices exprimés en biomasse.

Tableau 20. Spécifications des paramètres pour les sorties du modèle VPA. Consulter le manuel de VPA (disponible à www.iccat.int) pour obtenir une description détaillée du format de ce fichier.

Tableau 21. Indices de CPUE et données de capture utilisés dans ASPIC.

Tableau 22. Résultats de la convergence pour les scénarios d'ASPIC. Combinaison du paramètre initial (q , limite supérieure de K) = (1: 2.0E-6, 2.0E+6), (2: 2.0E-4, 2.0E+6), (3: 2.0E-6, 4.0E+7), (4: 2.0E-4, 4.0E+7). Les sorties convergentes sont indiquées par un cercle ouvert. F/F_{PME} ces dernières années (2007-2009) et B/B_{PME} au début de la série temporelle (1950-1952) ont également été utilisés comme critères de rejet de l'essai (B/B_{PME} (1950) proche de zéro, B/B_{PME} (1950) > 10 et F/F_{PME} (2009) > 3).

Tableau 23. Résumé du pourcentage de succès (convergent) de chaque scénario du modèle ASPIC. Chaque scénario contenait huit essais.

Tableau 24. Paramètres des valeurs d'entrée et indices de CPUE de chaque sortie d'ASPIC pour les examens par bootstrap. Chaque paramètre correspond à celui qui apparaît de la première à la 24^{ème} ligne des fichiers de valeurs d'entrée d'ASPIC.

Tableau 25. Résumé des analyses d'ASPIC.

Tableau 26. Estimations des paramètres du modèle pour les sorties de PROCEAN. Q = capturabilité ; m = paramètre de forme ; K = capacité de transport : B_0/K = ratio entre la biomasse dans l'année initiale et la capacité de transport.

Tableau 27. Paramètres de gestion des pêcheries pour les sorties de PROCEAN. La déviation standard est signalée entre crochets pour la PME et F_{PME} .

Tableau 28. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse des données pondérées par zone avec prior informatif.

Tableau 29. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse des données pondérées par zone avec prior non-informatif.

Tableau 30. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse des données pondérées par capture avec prior informatif.

Tableau 31. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse avec prior informatif. L'information du Japon avant 1970 a été rejetée.

Tableau 32. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse avec prior informatif. L'information du Taïpei chinois antérieure à 1970 a été rejetée.

Tableau 33. Résumé des résultats obtenus des sorties du modèle Multifan-CL.

Tableau 34. Résumé de l'incertitude structurelle dans les résultats de l'évaluation. Paramètres de stocks, PME, F_{PME} et ratios de B et F pour les sorties des modèles sélectionnées. Les sorties sélectionnées ont représenté des résultats plausibles selon les critères spécifiés à la section 4 pour chaque type de modèle.

Tableau 35. Estimations des probabilités que le stock de thon obèse de l'Atlantique soit au-dessus de B_{PME} et au-dessous de F_{PME} pour une année donnée avec divers niveaux de TAC (en milliers de t), sur la base des résultats de l'évaluation de 2010.

FIGURES

Figure 1. Prises cumulées de thon obèse de la Tâche I (déclarées et estimées) pour tout le stock de l'Atlantique (t).

Figure 2a-d. Distribution géographique (carrés de 5°x5°) des prises de thon obèse par principal engin de pêche (1950-2008). Source : CATDIS.

Figure 3. Distribution géographique (carré de 5°x5°) des prises de thon obèse obtenues à la senne par mode d'opération (DCP, bancs libres) entre 1991 et 2008. Source : CATDIS.

Figure 4. Distribution géographique des prises de thon obèse par engin et décennie. Source : CATDIS.

Figure 5. Indices d'abondance relative pour les flottilles 5, 6 et 8.

Figure 6. Indices d'abondance relative pour les flottilles 12, 13, 14 et 15.

Figure 7. Indices d'abondance relative utilisés dans le développement d'indices combinés pour les modèles de production.

Figure 8. Indices combinés développés pour les modèles de production.

Figure 9. Changement dans le temps du nombre d'hameçons (million) pour les principales pêcheries palangrières (et par zone pour le Japon).

Figure 10. Changements de la proportion dans le temps des différents types de palangre exprimée en termes de nombre d'hameçons par panier pour les palangriers japonais opérant dans l'océan Atlantique (de Gaertner et Marsac, CTOI-WPTT 1999, Miyabe com. pers.).

Figure 11. Changement dans le temps de la proportion de thon obèse dans les prises palangrières en poids (BET+ALB+YFT) pouvant être partiellement due à des stratégies de pêche ciblant cette espèce (changements de l'engin de pêche, des zones de pêche, etc.).

Figure 12. Changement dans le temps de la capacité de transport pour les pêcheries de surface opérant dans l'Atlantique Est.

Figure 13. Changement dans le temps de la proportion de thon obèse dans les prises de certaines pêcheries de surface en poids (BET+SKJ+YFT).

Figure 14. Changement dans le temps de la CPUE de thon obèse (t par opération positive) et de la composition spécifique (prise cumulée) pour les pêcheries communautaires opérant avec DCP dans l'Atlantique Est.

Figure 15. Tendances du poids moyen du thon obèse de l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 16. Tendances du poids moyen du thon obèse capturé par les principales flottilles palangrières dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 17. Tendances du poids moyen du thon obèse capturé par les principales flottilles de senneurs dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 18. Tendances du poids moyen du thon obèse capturé par les principales flottilles de canneurs dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 19. Tendances du poids moyen du thon obèse capturé par les senneurs opérant avec DCP et en bancs libres dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 20. Exemple de la technique de découpage des âges employée. L'âge auquel la limite supérieure est calculée est six mois après le milieu de chaque trimestre. Chaque classe d'âge est assignée si la longueur du poisson est inférieure ou égale à la limite supérieure correspondante, et au-dessus de la limite supérieure pour la classe suivante de plus jeune âge.

Figure 21. Prise par âge globale (en nombre de poissons) produite par le découpage des âges des classes d'âge 0-7+.

Figure 22. Fréquences de taille avec modes statistiques ajustés postulant des distributions normales ; le bleu correspond à la fréquence des tailles observée ; le rouge correspond aux modes ajustés ; la ligne verte épaisse représente la distribution des tailles ajustées et les lignes vertes verticales indiquent la longueur par âge.

Figure 23. Distributions a priori informatives (lignes continues) et non-informatives (lignes en pointillés) pour les paramètres du modèle de production excédentaire bayésien, c'est-à-dire taux de croissance r , capacité de transport k , et capturabilité q .

Figure 24. Vecteurs de M par âge utilisés dans les sorties du modèle MFCL.

Figure 25. Analyse de la prise par âge au moyen d'une courbe des captures ; la ligne bleue est une fonction de lissage loess avec une envergure de 0,3.

Figure 26. VPA séparable de la prise par âge ; la ligne bleue est une fonction de lissage loess avec une envergure de 0,3.

Figure 27. Distribution des estimations de l'inclinaison du modèle de production de stock structuré par âge Stock Synthèse (SS) utilisant les quatre indices combinés de CPUE obtenus de l'analyse du MCMC.

Figure 28. Distribution des estimations de B/B_{PME} en 2008 à partir du modèle de production structuré par âge Stock Synthèse (SS) utilisant les quatre indices combinés de CPUE obtenus de l'analyse du MCMC.

Figure 29. Changements annuels de F/F_{PME} et B/B_{PME} de chaque essai d'ASPIC si le scénario déterministe a été convergent. Certaines trajectoires ont été omises si la trajectoire est parfaitement identique au sein du même panneau.

Figure 30. Changements annuels de F/F_{PME} et B/B_{PME} des Scénarios 2, 5, 6 et 7 obtenus de bootstraps d'ASPIC.

Figure 31. Résultats du bootstrap d'ASPIC dans le Scénario 3.

Figure 32. Résultats du bootstrap d'ASPIC dans le Scénario 5.

Figure 33. Résultats du bootstrap d'ASPIC dans le Scénario 6.

Figure 34. Diagramme de Kobe obtenu de trois bootstraps d'ASPIC.

Figure 35. Trajectoires des estimations ponctuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 3 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 36. Trajectoires des estimations ponctuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 5 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 37. Trajectoires des estimations ponctuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 6 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 38. Trajectoires des estimations ponctuelles et des limites de confiance de 80% de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 3 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 39. Trajectoires des estimations ponctuelles et des limites de confiance de 80% de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 5 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 40. Trajectoires des estimations ponctuelles et des limites de confiance de 80% de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 6 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 41. Probabilité que la mortalité par pêche F soit en-dessous de F_{PME} et que B soit en-dessus de B_{PME} , tel que calculée en utilisant des projections de biomasse de 2010 à 2030 et en tenant compte de différentes valeurs de capture constante allant de 60.000 à 110.000 t. (a) jeu de données pondéré par zone avec prior informatif ; (b) jeu de données pondéré par zone avec prior non-informatif ; (c) jeu de données pondéré par capture avec prior informatif ; (d) jeu de données excluant l'information des palangriers japonais antérieure à 1970 ; et (e) jeu de données excluant l'information des palangriers du Taïpei chinois antérieure à 1970.

Figure 42. Scénario 1 du modèle PROCEAN. Ajustement de la capture prédite (ligne continue) aux captures observées (cercles noirs) pour la pêcherie de thon obèse entre 1961 et 2008.

Figure 43. Diagrammes de phase illustrant les trajectoires de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour les sorties du modèle PROCEAN.

Figure 44. Paramètres de distributions a posteriori calculés en utilisant l'indice combiné d'abondance pondéré par zone (panneau supérieur), pondéré par capture (deuxième panneau), et pondéré par capture en excluant les données des palangriers japonais antérieures à 1971 (troisième panneau), et données des palangriers du Taïpei chinois antérieures à 1971 (panneau inférieur).

Figure 45. Ajustements de la version bayésienne du modèle de Schaefer utilisant l'algorithme AIS/SIR : (panneau supérieur gauche) données pondérées par zone avec prior informatif ; (panneau supérieur droit) données pondérées par zone avec prior non-informatif ; (panneau du milieu à gauche) données pondérées par capture avec priors informatifs ; (panneau du milieu à droite) données pondérées par capture avec priors informatifs excluant les informations des palangriers japonais antérieures à 1971 ; (panneau inférieur) données pondérées par capture excluant les palangriers du Taïpei chinois avant 1971.

Figure 46. Diagrammes de phase pour (a) jeu de données pondéré par zone avec prior informatif ; (b) jeu de données pondéré par zone avec prior non-informatif ; (c) jeu de données pondéré par capture avec prior informatif ; (d) jeu de données excluant l'information des palangriers japonais antérieure à 1970 ; et (e) jeu de données excluant l'information des palangriers du Taïpei chinois antérieure à 1970.

Figure 47. Médianes des prédictions de biomasse de 2010 à 2030 utilisant des captures constantes entre 60.000 t et 110.000 t. (a) jeu de données pondéré par zone avec prior informatif ; (b) jeu de données pondéré par zone avec prior non-informatif ; (c) jeu de données pondéré par capture avec prior informatif ; (d) jeu de données excluant l'information des palangriers japonais antérieure à 1970 ; et (e) jeu de données excluant l'information des palangriers du Taïpei chinois antérieure à 1970.

Figure 48. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 3 (Scénario de continuité).

Figure 49. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 2 (excluant les données de marquage).

Figure 50. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 8 (vecteur de M par âge de la WCPFC).

Figure 51. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 7 (contraintes accrues sur les déviations du recrutement).

Figure 52. Estimations des séries temporelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour les divers ajustements au modèle MULTIFAN-CL (a = scénario 3 ; b = scénario 4 ; c = scénario 7 et d = scénario 8) (S est la valeur initiale et F est la valeur finale).

Figure 53. Stock reproducteur (en nombre) par an des sorties de VPA-2BOX.

Figure 54. Mortalité par pêche par âge et par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 55. Mortalité par pêche apicale par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 56. SSB/SSB_{PME} par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 57. Relations S/R estimées pour les sorties de VPA-2BOX.

Figure 58. SSB/SSB_{PME} par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 59. Diagrammes en phase construits pour les sorties de VPA-2BOX. Le point rouge correspond à la médiane des résultats. Le nuage bleu de points représente les 1.000 bootstraps réalisés.

Figure 60. Distribution conjointe des trois sorties de VPA-2BOX. Le point rouge correspond à la médiane des résultats. Le nuage bleu de points représente les 3000 bootstraps réalisés.

Figure 61. Projections de SSB/SSB_{PME}, du recrutement (à l'âge 0) et de F apical des sorties de la VPA.

Figure 62. Courbe de production estimée à partir du modèle de production structuré par âge SS_ASPIC_10.

Figure 63. Courbe de production estimée à partir du modèle complètement intégré SS_fix.

Figure 64. Paramètres de gestion B/B_{PME} et F/F_{PME} pour le modèle complètement intégré SS_fix et pour le Scénario 3 d'ASPIC.

Figure 65. Production par recrue obtenue du modèle complètement intégré SS_fix et du Scénario 8 du MFCL et ratio de la mortalité par pêche (F) d'âge 1 aux âges 2+, 1950-2008.

Figure 66. Estimations de B relative (gauche) et F relative (droit). Dans cette figure, les divers niveaux d'ombrage représentent le degré de certitude dans les résultats. Les résultats de 2009 d'autres évaluations sont également indiqués à l'aide de différentes approches de modélisation (points).

Figure 67. Estimation de la trajectoire du stock pendant la période modélisée (1950-2010) illustrant la médiane de la trajectoire (ligne continue) et la gamme de l'incertitude (zone ombrée). Les résultats de 2009 d'autres évaluations sont également indiqués à l'aide de différentes approches de modélisation (points).

Figure 68. Matrice de Kobe indiquant les probabilités que le stock soit au-dessus de B_{PME} et que la pêche soit à des niveaux en-dessous de F_{PME} lors d'une année donnée pour le niveau du TAC pour les résultats plausibles de l'évaluation considérée pour caractériser l'état et les perspectives futures du stock. Les couleurs représentent les probabilités modélisées : rouge, <50%, jaune, 50-75% et vert, >75%. L'isoplèthe de probabilités de 60% est également signalée.

APPENDICES

Appendice 1. Ordre du jour.

Appendice 2. Liste des participants.

Appendice 3. Liste des documents.

Appendice 4. Diagrammes de diagnostic faisant apparaître la standardisation des données de prise et d'effort de la Tâche II afin de créer des indices d'abondance pour les pêcheries 3 et 4 avec MULTIFAN-CL.

Appendice 5. Tableau récapitulatif des substitutions de taille et des changements dans les estimations des valeurs d'entrée de la prise par taille en 2010.

Appendice 6. Comparaison de la matrice de prise par âge (sera préparée à des fins de publication).