

RAPPORT DE LA RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE MAKAIRE BLEU DE 2011 ET DE PRÉPARATION DES DONNÉES SUR LE MAKAIRE BLANC DE 2011
(Madrid (Espagne), du 25 au 29 avril 2011)

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

M. Driss Meski, Secrétaire exécutif de l'ICCAT, a ouvert la réunion et a souhaité la bienvenue aux participants.

La réunion a été présidée par le Dr Freddy Arocha (Venezuela). Le Dr Arocha a souhaité la bienvenue aux participants du groupe de travail et a passé en revue les objectifs de la réunion.

L'ordre du jour (**Appendice 1**) a été adopté. La liste des participants figure à l'**Appendice 2**. La liste des documents présentés à la réunion est jointe à l'**Appendice 3**.

Les participants suivants ont assumé les fonctions de rapporteur :

P. Pallarés	Sections 1, 9 et 10
P. Lynch, L. Reynal et P. Bannerman	Section 2
E. Prince et P. Lynch	Section 3
J. Hoolihan	Section 4
G. Díaz	Section 5
C. Brown et D. Die	Section 6
L. Kell et M. Ortiz	Section 7
F. Arocha et J. Santiago	Section 8
F. Arocha	Section 9

2. Actualisation des informations de base sur le makaire bleu et examen des informations de base sur le makaire blanc

2.1 Tâche I (captures)

Le Secrétariat a présenté un rapport détaillé des statistiques de capture de Tâche I mises à jour (rejets y compris) pour la période de déclaration 1956-2010 (**Tableau 1**). Néanmoins, étant donné que les données de 2010 sont provisoires et incomplètes, l'évaluation du stock a été réalisée en se fondant sur les données de la période comprise entre 1956 et 2009. En ce qui concerne les CPC qui n'ont pas déclaré de prises en 2010, ces données ont été reportées de l'année précédente afin d'alimenter les analyses de projection. Les prises du **Tableau 1** incluent également la proportion des prises déclarées en tant qu'istiophoridés non classés qui ont été reclassés en tant que makaire bleu dans le cadre de la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010. Les statistiques de capture de Tâche I totales ont également été présentées en termes de prise ou de débarquements et de rejets morts (**Figure 1**). Les prises totales incluant les rejets vivants et morts ont également été présentées pour les CPC qui ont déclaré ces catégories de manière séparée. Il a cependant été observé qu'un nombre restreint de CPC ont déclaré des rejets vivants, correspondant à la recommandation de gestion de l'ICCAT prescrivant les rejets vivants des palangriers (**Tableau 2**). Les prises totales (comprenant les rejets morts) ont été présentées par type d'engin (**Figures 2 et 3**) dans lesquelles les palangriers représentent toujours l'engin principal, mais la proportion, compte tenu des filets maillants artisanaux, a augmenté au cours de la dernière décennie. Cette augmentation peut s'expliquer par une augmentation des débarquements, une meilleure déclaration ou une combinaison de ces deux facteurs. Les informations relatives aux rejets vivants ont été présentées pour les CPC qui ont fourni ces informations (**Tableau 2**). Néanmoins, étant donné que les informations sont insuffisantes en ce qui concerne la survie après la remise à l'eau du makaire bleu relâché des palangriers, la mortalité potentielle de la fraction des rejets vivants n'a pas été incluse dans de la matrice d'entrée des ponctions totales. Les débarquements des pêcheries sous DCP dans la zone de la Martinique et de la Guadeloupe ont également été présentés pendant la réunion et ont été intégrés dans le tableau de la Tâche I. La prise et l'effort de pêche de ces pêcheries ont été estimés sur la base des données historiques d'effort provenant d'entrevues avec des capitaines de navire, tandis que les débarquements historiques ont été estimés en utilisant la CPUE moyenne de 2008 - 2009 pour la Martinique et la CPUE à partir de 2008 pour la Guadeloupe (**Figure 4 et Figure 5**).

2.2 Tâche II (prise-effort et échantillons de taille)

Le Secrétariat a fourni un résumé détaillé des données mises à jour de prise et d'effort de Tâche II et les données totales disponibles ont été présentées lors de la réunion de préparation des données du makaire bleu de 2010. En ce qui concerne les échantillons de tailles, l'analyse des compositions et de la fréquence des tailles déclarées dans le cadre de la réunion de préparation des données de 2010 sur le makaire bleu (Anon. 2011) a été examinée.

Le document SCRS/2011/049 présentait une analyse détaillée des données de prise provenant de la base de données du Programme d'observateurs nationaux des palangriers brésiliens affrétés. Un total de 5.320 makaires bleus a été mesuré de 2005 à 2008. Les spécimens mesuraient entre 89 et 350 cm de longueur maxillaire inférieur-fourche (LJFL) et le ratio des sexes présente davantage de mâles (1:1.73) dans la plupart des classes de tailles. Les spécimens plus grands sont généralement capturés en dessous de la latitude de 5°S. Les spécimens immatures étaient peu nombreux et ne se trouvaient que dans deux zones (0°, 15°O et 25°S, 25°O). Les spécimens les plus petits (<170 cm) se sont présentés principalement au large des côtes pendant le premier trimestre. Les spécimens les plus grands ont été localisés dans le sud de la zone faisant l'objet de l'étude pendant l'été austral et se déplaçaient ensuite dans le sens des aiguilles d'une montre vers le nord dans des eaux plus chaudes pendant l'hiver, fermant un éventuel cycle migratoire de reproduction dans l'Atlantique du Sud central. Ces rapports coïncident avec les observations précédentes de Ueyanagi et al. (1970) et d'Amorim et al. (1998; 1994) qui faisaient état d'agrégations de makaires bleus à des fins de reproduction dans le sud du Brésil entre 20°S et 30°S, pendant le premier trimestre.

2.3 Autres informations (marquage)

Les marquages et les récupérations de marques conventionnelles ont été déclarés en carrés de 5°x 5° (**Figures 6 et 7**). La densité la plus importante de marquages se situe dans l'Atlantique Ouest et dans les Caraïbes. Les récupérations de marques se sont également concentrées dans l'Atlantique Ouest et dans les Caraïbes.

3. Examen des estimations de capture de makaire blanc/*Tetrapturus spp*

Shivji et al. (2006) ont récemment validé la présence de makaire épée (*Tetrapturus georgii*) dans l'océan Atlantique du Nord-Ouest, une espèce qui présente des similitudes morphologiques avec le makaire blanc et ont suggéré qu'une proportion inconnue de prises de makaire blanc peuvent en réalité être des prises de makaire épée. Cela amené le groupe à débattre de la possibilité d'estimer et de retirer une partie de la prise déclarée de makaire blanc et de réattribuer ces prises au makaire épée. Toutefois, après avoir débattu des résultats de l'étude précédente (Beerkircher et al. 2009, Arocha et Silva 2011), ainsi que du document SCRS/2011/051 présenté à la présente réunion, il a été conclu que le montant de la variabilité (annuelle et interannuelle) des ratios observés entre les deux espèces et la couverture d'échantillonnage spatiale insuffisante compliqueraient la capacité d'estimer de manière fiable les proportions de makaire épée dans les prises de makaire blanc à l'heure actuelle. De plus, il a été relevé qu'il existe de manière générale une confusion supplémentaire dans l'identification des *Tetrapturus spp* au sein des différentes CPC. Le groupe a dès lors décidé de traiter la prochaine évaluation de makaire blanc (2012) sous forme d'une combinaison de makaire blanc/*Tetrapturus spp*. Des projets de recherche sont en cours et visent à résoudre la mauvaise identification de ces espèces ; toutefois, le groupe de travail a noté que des estimations fiables des niveaux de populations nécessiteraient un programme exhaustif d'échantillonnage englobant tout l'Atlantique, ainsi qu'une analyse rétrospective à grande échelle. De plus, il a été soulevé que la flottille espagnole de palangriers peut constituer une plateforme idéale d'échantillonnage aux fins de l'estimation des proportions de makaire blanc/makaire épée sur d'amples échelles spatio-temporelles, notamment dans le cas de l'océan Atlantique Nord-Est et Sud-Est (SCRS/2011/035).

3.1 Tâche I (captures)

Le Secrétariat a présenté un rapport détaillé des statistiques de capture de Tâche I (rejets y compris) pour la période de déclaration comprise entre 1956 et 2010 (**Tableau 3**). Toutefois, étant donné qu'un nombre très restreint de CPC ont déclaré des données pour 2010, ces prises sont provisoires et incomplètes. Comme suite au reclassement des istiophoridés non-classés réalisé pendant la réunion de préparation des données des makaires de 2010, les prises de makaires blancs incluent la proportion des prises ayant été reclassées en tant que makaire blanc. Les prises incluant les rejets vivants et morts ont également été présentées pour les CPC qui ont déclaré ces catégories de manière séparée (**Figure 8**). Les prises totales (rejets morts y compris) ont été présentées par type d'engin (**Figures 9 et 10**) dans lesquelles les palangriers représentent toujours l'engin principal des ponctions. Les informations relatives aux rejets vivants ont été présentées pour les CPC qui ont fourni ces informations au Secrétariat (**Tableau 2**).

Le document SCRS/2011/026 fournit des informations provenant du Programme d'observateurs palangriers pélagiques d'Uruguay sur les prises de makaire blanc réalisées par la flottille de l'Uruguay opérant dans le sud-ouest de l'océan Atlantique au cours de la période comprise entre avril 1998 et décembre 2010, et par la flottille de palangriers japonais opérant dans la ZEE uruguayenne de mars à septembre 2009 et de mai à septembre 2010. Les prises les plus importantes de la flottille de l'Uruguay ont été enregistrées au nord de 30 ° S. Les valeurs les plus élevées de CPUE ont été obtenues dans les zones dont la température de la surface de la mer (SST) se situait entre 20 et 24 °C. La CPUE nominale de la flottille palangrière japonaise (2009-2010) était inférieure à la CPUE nominale de la flottille uruguayenne. Toutefois, compte tenu de la profondeur opérationnelle de cette flottille (100-200 m), la zone d'opération (34-37 ° S), et la limite de distribution de l'espèce, cette différence de CPUE était très limitée. Cela pourrait s'expliquer par un comportement différent des spécimens dans des zones situées à des latitudes plus élevées passant davantage de temps à une profondeur plus importante et à des températures plus basses. La taille moyenne des makaires blancs (par sexe) capturés par la flottille japonaise était supérieure à celle des makaires capturés par la flottille uruguayenne (SCRS/2011/026).

3.2 Tâche II (prise-effort et échantillons de taille)

Le Secrétariat a fourni un résumé détaillé des données de tailles de Tâche II correspondant au makaire blanc. Outre les données de prise et d'effort, les données relatives à la composition par taille présentées pour le makaire blanc dans le rapport de la réunion de préparation des données sur les makaires de 2010 ont été mises à jour et présentées. Les mesures de longueur ont été standardisées en fonction de la longueur maxillaire inférieur-fourche (LJFL, cm) au moyen des équations du *Manuel de l'ICCAT*. De légères différences apparaissant dans la méthode de collecte des données ont été présentées entre les pêcheries (à savoir, la spécification des intervalles de taille utilisés pour la mesure, et/ou les limites de taille déclarées, les limites des intervalles de tailles supérieures/inférieures ou intermédiaires). Dans ces cas, aucune conversion n'a été appliquée étant donné que ces différences étaient minimales. Des mesures de longueur suspectes ont été exclues en délimitant les données de taille dans un éventail de 50 à 400 cm de LJFL respectivement. De manière générale, les données de taille provenant de dix pavillons et de trois engins de pêche ont été analysées en incluant de nouvelles séries de taille de makaires blancs du Portugal et du Ghana. Les résultats ont été présentés sous la forme de LJFL moyenne annuelle (**Figure 11**) et sont résumés comme suit : a) des histogrammes de distribution de tailles par an des dix dernières années (**Figure 12**), pour les principaux engins de pêche (**Figure 13**) et des principales flottilles des CPC (**Figure 14**). De manière générale, la tendance était peu marquée en ce qui concerne la LJFL moyenne ou la forme des histogrammes de fréquences. Toutefois, les prises de la pêcherie artisanale au large de l'Afrique occidentale reflétaient des prises de plus grande taille que la taille moyenne des prises. Des diagrammes de probabilité cumulative parmi la gamme observée de LJFL par année ont été tracés pour les pêcheries palangrières et la pêcherie sportive des États-Unis combinées (**Figure 15**), et un diagramme distinct a été réalisé pour les pêcheries de filet maillant (**Figure 16**). Ces figures indiquent des schémas relativement cohérents de sélectivité par taille pour le makaire blanc entre les différentes pêcheries et dans le temps.

3.3. Catalogue des informations disponibles

Les données actuellement disponibles de Tâche I et de Tâche II pour le makaire blanc ont été présentées par pavillon et flottille pour les deux dernières décennies (**Tableau 4**). Dans le tableau, les cellules ombrées en foncé représentent les strates pour lesquelles des données ont été déclarées. Il est évident que de nombreuses CPC n'ont pas respecté leurs obligations de déclaration pour le makaire blanc.

3.4 Autres informations

Les marquages et les récupérations de marques conventionnelles ont été déclarés en carrés de 5°x 5° (**Figure 17 et 18**). La densité la plus importante de marquages se situe dans l'Atlantique Ouest et dans les Caraïbes. Les récupérations de marques se sont également concentrées dans l'Atlantique Ouest et dans les Caraïbes.

4. Examen des données biologiques, relatives à l'habitat et au marquage pour le makaire bleu et le makaire blanc

4.1 Données biologiques

4.1.1 Makaire bleu

Les données biologiques présentées dans le cadre des réunions de préparation des données sur le makaire bleu de 2010 et d'évaluation de 2011 ont été examinées ainsi que les études pertinentes révisées par des pairs publiées depuis l'évaluation précédente (2006). Les analyses en cours sur l'âge et la croissance ont été présentées pour les makaires bleus ($n = 440$) échantillonnés entre décembre 2004 et décembre 2006 par le Brésil et le Venezuela. Les sections transversales des épines des nageoires de 151 femelles, 286 mâles et 3 spécimens non-identifiés ont été analysées. L'analyse de la croissance marginale relative a été utilisée afin de déterminer la périodicité de la formation des anneaux de croissance. Les effets des « faux » anneaux de croissance (à savoir les doubles et triples anneaux) ont donné lieu à des incertitudes dans quelques comptages. Pareillement, l'effacement des anneaux formés dans un premier temps dû à la vascularisation du noyau de l'épine au fil du temps a engendré des problèmes. L'absence de comptage des anneaux effacés peut altérer l'estimation des âges ou donner lieu à une sous-estimation des épines concernées. De même, le manque de représentation d'échantillons adéquats de makaires bleus de grande taille a compromis les estimations des courbes de croissance adéquates à partir de ces échantillons. Les tailles estimées des spécimens arrivés à la maturité sexuelle s'élevaient à 183 cm LJFL (femelles) et 150 cm LJFL (mâles).

Le document SCRS/2011/021 présentait une description des caractéristiques spatio-temporelles des ratios des sexes et des activités de reproduction des makaires bleus capturés par les palangriers pélagiques vénézuéliens ($n = 1.935$) et par les pêcheries artisanales de filet maillant ($n = 19.037$) pour la période comprise entre 1991 et 2009. Le ratio des sexes présentait davantage de mâles pendant la saison dans la pêcherie palangrière pélagique, mais dans une moindre mesure dans la pêcherie artisanale de filet maillant. Le ratio des sexes par taille présentait davantage de mâles de manière prononcée pour les spécimens de <200 cm LJFL pour les deux pêcheries. La taille des poissons capturés par la pêcherie artisanale de filet maillant est restée stable (~ 200 cm LJFL, femelles; ~ 175 cm LJFL, mâles). Néanmoins, le nombre de mâles de grande taille présents pendant la période initiale de la pêcherie a été remplacé par un grand nombre de mâles de petite taille au cours des dernières années. Les mâles de grande taille (>300 cm LJFL), malgré leur nombre limité, étaient présents pendant la plus grande partie de l'année. La proportion globale du ratio des sexes provenant des deux pêcheries était de 0,44 femelle, ce qui fait apparaître une prédominance de mâles. Il est probable que les mâles matures se déplacent vers le Nord de façon saisonnière pour se reproduire. Après la ponte, les jeunes femelles matures (200-275 cm LJFL) quittent les zones de frai à proximité de Puerto Rico et se rendent dans des zones de pêche dans le Sud, probablement afin de reconstituer leur réserve d'énergie (à savoir pour s'alimenter) dépensée pendant la reproduction.

Le document SCRS/2011/049 présentait une description de la composition par taille et de la distribution spatio-temporelle du makaire bleu de l'Atlantique Sud ($n = 5.320$) sur la base des données recueillies dans le cadre du Programme d'observateurs nationaux du Brésil entre 2005 et 2008. Les longueurs oscillaient entre 89 et 350 cm LJFL. Les mâles étaient prédominants (1:1,73) parmi les 876 échantillons identifiés sexuellement. La distribution saisonnière des spécimens les plus grands suggérait un schéma cyclique de migration du Sud pendant l'été austral suivi d'un déplacement dans le sens des aiguilles d'une montre vers des eaux plus chaudes à l'Est pendant l'hiver.

Les relations empiriques établies entre la mortalité naturelle (M) et l'âge maximum, reposant sur Hoenig (1983) ont été présentées au groupe (**Figure 19**). Bien que les limites de la méthode aient été reconnues, aucune autre estimation directe de M n'était disponible. Dès lors, aux fins de l'évaluation du makaire bleu de 2011, une valeur M de 0,139 a été utilisée en postulant un âge maximal de 30 ans.

4.1.2 Makaire blanc

Le document SCRS/2010/042 présentait une estimation de l'âge et la croissance du makaire blanc capturé dans le cadre de la pêche commerciale et artisanale dans l'ouest de l'Atlantique et dans les Caraïbes. Davantage de détails sont disponibles dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010.

Arocha et Silva (2011) se penchaient sur la distribution spatio-temporelle de la proportion du makaire épée par rapport au makaire blanc sur la base des sorties observées de la flottille palangrière pélagique vénézuélienne. Davantage de détails sont disponibles dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010.

Le document SCRS/2011/026 présente des données provenant du Programme d'observateurs de l'Uruguay portant sur la composition par taille et le ratio des sexes, en deux strates de profondeur (≤ 100 m et 100-200 m), pour le makaire blanc capturé par les flottilles du Japon et de l'Uruguay, ainsi que les données de la température de la surface de la mer (SST). Un total de 328 spécimens a été mesuré dans le cadre de la flottille de surface de l'Uruguay et une taille moyenne de 173,1 cm LJFL (gamme 120-208 cm) a été estimée, les mâles présentant une taille inférieure à la taille moyenne des femelles. Dans le cadre de la flottille japonaise, qui opérait exclusivement dans la ZEE uruguayenne, la taille moyenne s'élevait à 176 cm LJFL, dont les mâles présentaient une plus grande taille moyenne (182 cm) et deux des spécimens observés mesuraient plus de 200 cm LJFL (203 et 219 cm). Le ratio des sexes (femelles : mâles) observé parmi les flottilles de l'Uruguay et du Japon était de 3:1 et 1,7:1, respectivement. La quantité la plus élevée de prises a été observée dans les zones où la SST se situait entre 20 et 24 ° C. D'après les auteurs, ces données suggèrent une plasticité pouvant être plus élevée pour cette espèce qui, dans certaines zones, lui permet de s'adapter à des profondeurs et à une température plus basses.

Le document SCRS/2011/051 décrit l'utilisation de l'analyse génétique visant à distinguer le makaire blanc du makaire épée à partir de 212 échantillons de tissus prélevés lors d'un tournoi annuel de pêche récréative organisé à Cape May, NJ (USA), correspondant à la période 1992 - 2010. Les résultats indiquaient que le makaire épée représentait 2,1 % de toutes les espèces confondues de 1992 à 2000, mais cette proportion s'est élevée à 33,3 % de 2002 à 2010. D'importantes variations annuelles des proportions relatives des deux espèces étaient manifestes au cours de la dernière décennie, ce qui donne à penser que le recours à un vaste échantillonnage temporel est justifié afin d'estimer avec précision les proportions relatives d'une région spécifique.

Le document SCRS/2011/035 faisait état d'observations des prises accessoires de makaire blanc ($n = 1.385$) de la flottille palangrière de surface espagnole ciblant l'espadon entre 1993 et 2010. Au moins un makaire blanc a été capturé lors de 18,9 % des sorties pendant lesquelles de l'espadon a été capturé. Le makaire blanc représentait 12,85 % de la quantité totale des istiophoridés. Les tailles oscillaient entre 130 et 280 cm LJFL dans le cas des femelles et entre 95 et 285 cm LJFL dans le cas des mâles. Les fréquences de taille par année sont fournies. Parmi les 822 spécimens dont le sexe a été déterminé, 42,5 % étaient des femelles et 57,5 % des mâles.

4.2 Habitat

4.2.1 Makaire bleu

Le document SCRS/2011/052 présentait une description de l'étude préliminaire portant sur l'influence potentielle des facteurs environnementaux sur la capturabilité du makaire bleu au large du Ghana. La variation saisonnière de l'affleurement et des températures de la surface de la mer dans le golfe de Guinée altère la distribution du makaire bleu. La disponibilité du makaire bleu diminue au cours de la période d'affleurement (juillet-septembre). Cette période se caractérise également par des températures plus basses. D'autres facteurs, tels qu'un changement des engins de pêche ciblant les petits pélagiques, peuvent influencer la diminution perçue de l'abondance. Le recours à une étude plus approfondie est justifié.

Kell *et al.* (2011) faisaient état de la standardisation de la CPUE exploratoire du makaire bleu capturé à l'intérieur et à l'extérieur de la zone de minimum d'oxygène de l'Atlantique. Davantage de détails sont disponibles dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010.

Kraus *et al.* (2011) se sont penchés sur les mouvements horizontaux du makaire bleu ($n = 42$) suivi au moyen de PSAT dans le golfe du Mexique au cours de la période 2003-2008. Le temps écoulé entre le marquage et la récupération oscillait entre 4 et 334. Bien que certains poissons quittent les zones du Belize (mer des Caraïbes) et les îles Vierges des États-Unis, la plupart sont restés dans le golfe du Mexique. Le déplacement moyen oscillait entre ~ 300 et 1.200 km. Les relevés ont fait apparaître des schémas de déplacement très variables, indépendamment de l'emplacement de marquage, de la saison ou de la situation de sortie/d'entrée. Les changements saisonniers de la distribution ont suggéré un schéma de mouvement nord-sud cyclique à l'intérieur du golfe du Mexique. Les résultats étayaient une nouvelle perspective du makaire bleu selon laquelle le golfe du Mexique constitue un habitat adéquat pendant toute l'année qui est utilisé par un sous-ensemble de la population de l'Atlantique.

Wells *et al.* (2010) ont étudié la variation régionale de la chimie des otolithes du makaire bleu de l'Atlantique Nord-Ouest. Les échantillons ($n = 65$) proviennent du golfe du Mexique, du détroit de Floride, de la mer des Caraïbes et de l'Atlantique Nord-Ouest. La variabilité réduite des otolithes $\delta^{18}\text{O}$ des échantillons du golfe du Mexique, doublée d'un classement fructueux d'échantillons de cette région, suggère que le mouvement en dehors du golfe du Mexique peut être plus limité par rapport aux autres régions étudiées. Bien que l'existence d'un stock unique de cette espèce dans tout l'Atlantique soit toujours envisagée, ces résultats laissent supposer la possibilité que les groupes migratoires

peuvent être présents, ce qui justifie le recours à une étude plus approfondie.

4.2.2 *Makaire blanc*

Le document SCRS/2011/035 décrivait les caractéristiques spatio-temporelles du makaire blanc ($n = 1.385$) capturé en tant que prise accessoire par la flottille palangrière de surface espagnole ciblant l'espadon entre 1993 et 2010. Les diagrammes représentent l'habitat spatial du makaire blanc dans le centre et l'Est de l'Atlantique Nord et dans l'Atlantique Sud. La distribution de la prise du makaire blanc entre 1993 et 2010 est représentée sous forme de diagramme dans lequel les zones de gestion sont quadrillées.

4.3 *Marquage*

4.3.1 *Makaire bleu*

Une mise à jour de la base de données de marquage ICCAT a été présentée. Dans le cas du makaire bleu, elle comprend un total de 53.045 remises à l'eau et 921 (1,74 %) récupérations. Snodgrass *et al.* (2011) ont fourni une actualisation de la base de données de marquage conventionnel des États-Unis en ce qui concerne le makaire bleu. Davantage de détails sont disponibles dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010.

D'autres études récentes sur le PSAT portaient sur les relevés des mouvements ou des vecteurs de déplacement de makaire bleu dans l'Atlantique (Goodyear *et al.*, 2008; Kraus *et al.*, 2011; Prince and Goodyear, 2006; Prince *et al.*, 2010).

4.3.2 *Makaire blanc*

Une mise à jour de la base de données de marquage ICCAT a été présentée. Dans le cas du makaire blanc, elle comprend un total de 46.858 remises à l'eau et 1.059 (2,26%) récupérations. Orbessen *et al.* (2011) a fourni une actualisation de la base de données de marquage conventionnel des États-Unis en ce qui concerne le makaire blanc. Davantage de détails sont disponibles dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010.

5. Examen de séries de capture par unité d'effort : makaire bleu et makaire blanc

5.1 *Makaire bleu*

Le document SCRS/2011/050 présentait les séries standardisées de CPUE pour le makaire bleu et le makaire blanc de la pêcherie palangrière brésilienne. Les auteurs ont utilisé trois différentes approches de modélisation : GLM binomial négatif modifié en zéro, delta log-normal et tweedie. Les variables testées dans les modèles étaient les suivants : année, zone, trimestre et stratégie. Cette dernière variable décrit la stratégie de pêche qui comprend des facteurs tels que l'espèce cible, la configuration de l'engin, etc. En se fondant sur les diagnostics du modèle, les auteurs ont fait remarquer que le modèle delta-lognormal était le plus adéquat pour les données. L'estimation finale de la CPUE présentait un niveau élevé de variabilité interannuelle, mais avec une forte tendance à la baisse au cours des cinq dernières années de la série chronologique. Le groupe a examiné brièvement le concept de la stratégie variable et sa technique d'estimation. Le groupe a indiqué que dans le passé, les scientifiques brésiliens ont exclu quelques « stratégies » définies au moyen des analyses de grappes dans leurs estimations des CPUE. Toutefois, les auteurs ont indiqué que, suite à l'avis formulé par le SCRS, ils ont inclus toutes les stratégies dans leurs analyses.

Le groupe a examiné les différences existant entre les CPUE présentées lors de la réunion de préparation des données et l'estimation actuelle se rapportant à l'utilisation des termes d'interaction année*trimestre et année*stratégie qui peuvent influencer l'estimation de l'estimation par année. Les auteurs ont réalisé une analyse complémentaire lors de la réunion et sur la base des résultats, les auteurs ont conseillé au groupe de ne pas inclure les termes d'interaction dans le modèle final, car ils se sont montrés préoccupés par les effets des interactions fixes du facteur *année*. Il a été observé que l'existence d'interactions annuelles qu'elles soient comprises ou non dans le modèle peut compliquer l'estimation des valeurs de l'indice. Le groupe a abordé la grande variabilité de l'indice brésilien, les raisons pouvant expliquer cette variabilité et le fait que l'indice puisse refléter des changements davantage en lien avec la pêcherie que se rapportant aux tendances réelles de la population. Il a également été mentionné que la tendance à la baisse à la fin de la série temporelle peut être le résultat de la mise en œuvre de l'utilisation obligatoire d'hameçons circulaires de la flottille. Toutefois, le groupe ne dispose pas de suffisamment d'informations pour évaluer l'incidence

potentielle de l'utilisation d'hameçons circulaires sur les taux de capture.

Le document SCRS/2011/047 présentait une évaluation des approches d'estimation de l'abondance relative (c'est-à-dire la standardisation de la CPUE). Une analyse de la simulation a été utilisée pour générer des données de captures, avec une biomasse sous-jacente suivant les dynamiques de la pêcherie palangrière japonaise dans l'océan Atlantique. Une gamme de tendances de la biomasse et de schémas de distribution verticale de la capturabilité a été évaluée, et les modèles comparés comprenaient le statHBS, le modèle linéaire généralisé et le modèle linéaire généralisé delta-lognormal. Globalement, le modèle statHBS fournissait des estimations plus précises de la biomasse authentique, toutefois, pour simplifier, cette étude n'a pas intégré la structure spatiale et de la population. En outre, le modèle statHBS reposait sur des estimations de la profondeur des hameçons qui ont été postulées sans erreur. Dans la pratique, l'incertitude entourant la profondeur des hameçons peut réduire la précision du statHBS.

Le document SCRS/2011/048 présentait les résultats d'un modèle de simulation (LLSIM) qui intégrait les distributions des espèces avec des distributions de la durée d'immersion en profondeur des palangres/hameçons afin de prédire les captures par opération. L'habitat de l'espèce a été stratifié par mois, latitude, longitude et profondeur. Les valeurs relatives externes de l'abondance par latitude et longitude constituaient les intrants du modèle et ont été distribuées par profondeur en fonction de la température ambiante ou décroissance de la température avec une profondeur proportionnelle à la température de la thermocline. Les distributions spatiales des opérations à la palangre par configuration des engins constituaient d'autres intrants du modèle par année (1956-1995), mois, latitude et longitude sur la base de l'effort observé par les palangriers japonais opérant dans l'Atlantique, ou, le même nombre d'opérations a été attribué de façon aléatoire à l'Atlantique centrale tropical pour les mêmes mois et années. Il a été postulé que les stocks étaient stables ou diminuaient au fil du temps. Les séries temporelles simulées obtenues ont été standardisées en utilisant le modèle linéaire généralisé et le modèle de standardisation basé sur l'habitat HBS (abondance standardisée dérivée de façon déterministe intégrant les informations externes environnementales). Les résultats ont été comparés avec les « authentiques » distributions connues. Ni le modèle GLM ni le modèle HBS n'ont systématiquement récupéré avec précision l'« authentique » tendance de l'abondance des stocks lorsque les opérations à la palangre reflétaient les distributions historiques des opérations à la palangre du Japon, probablement en raison de décalages spatiaux ou autres dans l'effort de pêche au fil du temps. Aucune de ces méthodes n'a semblé meilleure. Le groupe a observé qu'un indice qui comprend tout l'Atlantique sans se limiter à l'Atlantique tropical central uniquement (à savoir le « CTA ») peut être préférable, car un indice qui se limite à des zones d'abondance élevée peut ne pas refléter le véritable changement de l'abondance de l'ensemble de la population. Le groupe a également discuté de l'utilisation de la durée théorique d'immersion en profondeur des hameçons dans l'étude de simulation, étant donné que les études utilisant les capteurs de temps et de profondeur ont fait apparaître plusieurs comportements des hameçons. De plus, il est notoire que d'autres variables telles que le temps de mouillage et de remontée de la palangre et l'utilisation de lignes multi et monofilament ont une incidence importante sur les taux de capture. Le groupe s'est également brièvement penché sur la question de savoir si les changements spatiaux dans la zone de minimum d'oxygène (OMZ) du CTA se traduiraient par des modifications des capacités de transport des espèces concernées. Au terme d'un débat animé, le groupe a convenu que, compte tenu du niveau d'informations disponibles il n'y avait pas de réponse claire à cette question.

Le document **SCRS/2011/043** présentait la CPUE standardisée du makaire bleu pour les palangriers japonais estimée au moyen d'une approche du modèle GLM lognormale en y ajoutant une valeur constante. La CPUE a été estimée pour deux périodes distinctes (1990-2000 et 2001-2009) afin de refléter les mesures de gestion de l'ICCAT imposant la remise à l'eau des makaires bleu et blanc capturés par les palangriers qui sont en vie à la remontée de l'engin. Cela était nécessaire, car la CPUE estimée pour la période suivant l'année 2000 avait été estimée en n'utilisant que le makaire bleu retenu à bord au lieu de tous les makaires capturés (c.-à-dire retenus et remis à l'eau). Il convient de relever que les auteurs ont indiqué qu'il existait une erreur dans l'estimation utilisée dans la CPUE présentée dans le document et une nouvelle estimation (**SCRS/2011/043rev**) a été présentée pendant la réunion. La CPUE a été estimée en utilisant la prise et l'effort agrégés (à savoir le nombre d'hameçons) par carrés de 5°x5° et en utilisant la configuration des engins (c.-à-dire le nombre d'hameçons par panier). Les variables testées dans le modèle étaient les suivantes : année, trimestre, zone, hameçons par panier et les termes d'interaction trimestre*zone et année*zone. Le groupe a débattu de l'utilisation se limitant au makaire bleu retenu à bord afin d'estimer un indice d'abondance et de la validité du postulat selon lequel un taux constant de makaire bleu remis à l'eau après la mise en œuvre de la mesure de gestion de l'ICCAT de 2001.

Le groupe a noté que le document SCRS/2011/052 présentait des données de prise et de l'effort (nombre de sorties) et a demandé au Secrétariat d'estimer un indice standardisé pour cette pêcherie (**Appendice 4**).

Le document SCRS/2011/045 présentait une série de la CPUE standardisée du makaire bleu pour la flottille palangrière du Taipei chinois. L'indice a été estimé au moyen des approches du modèle lognormal et de GAM et en testant les variables de *mois*, *année*, *latitude* et *longitude* et les interactions avec le terme *année*. Les auteurs ont indiqué que le modèle GLM (log-normal) avec des termes d'interaction était le plus approprié, car il expliquait l'écart le plus important. Toutefois, toutes les CPUE estimées étaient très similaires.

Le groupe a longuement débattu des séries disponibles de la CPUE (tant les séries présentées lors de la réunion de préparation des données de 2010 que celles présentées au cours de la réunion actuelle) et a élaboré une série de critères visant à orienter le débat. Pour sélectionner les séries de CPUE, le groupe a pris en considération l'avis formulé dans le cadre de la réunion de 2009 du groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks (Anon, 2010), si les CPUE estimées comprenaient des diagnostics du modèle, le niveau d'agrégation des données utilisées, la longueur des séries temporelles, si les CPUE ont été standardisées ou non, l'approche de modélisation (log-normale par rapport à delta-lognormale), si les séries temporelles présentaient des lacunes (années manquantes), si les CPUE ont été estimées par les scientifiques nationaux ou par le Secrétariat de l'ICCAT au moyen des données de Tâche II et si les CPUE ont été estimées en utilisant les prises complètes de makaire bleu ou seulement les poissons retenus à bord. Les séries de CPUE dont dispose le groupe sont les suivantes : (1) LL du Japon de 1990-2009, (2) LL du Japon de 1956-2008 préparées par le Secrétariat en utilisant les données de Tâche II, (3) LL du Japon de 1960-1998 utilisées dans le cadre de l'évaluation des stocks de 2000, (4) LL du Taipei chinois de 1968-2009, (5) séries du Taipei chinois de 1968-2004 préparées par le Secrétariat en utilisant les données de Tâche II, (6) LL des États-Unis de 1986-2009, (6a) pêche récréative de la France de 1974 - 2009, (7) LL du Venezuela de 1991-2009, (8) pêcherie à petite échelle du Venezuela 1991-2009, pêche sportive du Venezuela de 1961 à 1995 (historiques), (9) LL de la Corée de 1976-2008, (10) LL du Brésil de 1980-2010 et (11) filet maillant du Ghana de 1997-2010.

Le groupe a décidé d'utiliser dans les modèles de référence les séries de CPUE suivantes : LL des États-Unis, pêche récréative des États-Unis, LL du Venezuela, pêcherie à petite échelle du Venezuela (filet maillant) et la pêche sportive du Venezuela. Ces séries avaient été présentées dans le cadre de la réunion de préparation des données du makaire bleu de 2010. Le groupe a convenu qu'il était nécessaire d'utiliser une série temporelle pour les pêcheries palangrières qui correspond aux années 1950-1960. Le groupe a tenu un long débat sur les trois indices japonais disponibles. Il a été décidé de ne pas inclure les séries de CPUE de LL du Japon de 1956-2008 car elles avaient été préparées par le Secrétariat au moyen des données de Tâche II sans le concours des scientifiques nationaux japonais. Le groupe a convenu d'inclure les séries de CPUE de LL du Japon utilisées dans l'évaluation des stocks de 2000 qui englobait la période de 1960 à 1998 ainsi que les séries présentées dans le cadre de la présente réunion d'évaluation mais uniquement pour la période de 2001 à 2009. Ces deux séries ont été intégrées en deux séries distinctes étant donné qu'elles correspondent à deux périodes faisant l'objet de différentes réglementations en matière de gestion des makaires bleus.

Suivant la même logique, le groupe a choisi l'indice du Taipei chinois préparé par des scientifiques nationaux présenté dans le cadre de la réunion au lieu de l'indice établi par le Secrétariat au moyen des données déclarées de Tâche II. Il convient de relever que bien que la série de CPUE du Taipei chinois ait été estimée pour l'ensemble de la période comprise entre 1968 et 2009, le groupe a décidé de diviser la série en deux périodes (1968-2000 et 2001-2009) pour tenir compte des changements des réglementations en matière de gestion mentionnées ci-dessus. Le groupe a également inclus l'indice du Ghana qui a été préparé par le Secrétariat de l'ICCAT en utilisant les données présentées par les scientifiques nationaux au cours de la réunion. L'ensemble du groupe a souscrit à la décision de ne pas inclure l'indice coréen LL qui a été préparé par le Secrétariat. Cette décision reposait principalement sur le fait que la série temporelle comporte des lacunes (années manquantes), que l'incertitude entourait les données utilisées dans son estimation et étant donné que l'indice a été estimé au moyen des données déclarées de Tâche II, il présentait un niveau relativement élevé de concentration et de faible résolution. En outre, la période couverte par l'indice coréen LL est déjà couverte par les indices du Japon et du Taipei chinois. Les indices sélectionnés du makaire bleu utilisés dans le cadre de l'évaluation du stock de makaire bleu de 2011 sont présentés au **Tableau 5** et illustrés à la **Figure 20**.

Séries de CPUE composite du makaire bleu

La CPUE composite du makaire bleu pour la série de l'indice a été estimée en utilisant un modèle GLM avec trois différents systèmes de pondération. Le modèle comprenait les facteurs *année* et *source de l'indice* et les scénarios de pondération utilisés étaient les suivants : a) pondération égale, b) facteur de pondération reposant sur la capture défini comme étant le rapport de la prise par la flottille / engin représentant chaque indice par rapport à la prise totale

de tous les autres indices combinés des flottilles, et c) pondération reposant sur la région définie comme étant le nombre des carrés de 5°x5° au sein desquels opèrent la flottille / les engins représentant chaque indice par rapport au nombre maximum de carrés de 5°x5° au sein desquels opèrent une flottille spécifique pendant une année. Le **Tableau 5** présente la série de CPUE fournie. Les séries composites de la CPUE ont été estimées au moyen d'un modèle linéaire généralisé en postulant une distribution d'erreur log-normale pour les séries d'entrée de la CPUE. La formulation du modèle était $\log(\text{CPUE}) = \text{année} + \text{source (séries d'indice de CPUE)} + \text{erreur}$. Les valeurs de la CPUE composite ont été retro-calculées à partir des moyennes des moindres carrés de l'ajustement du modèle. Trois séries de la CPUE composite ont été estimées pour le makaire bleu. Le **Tableau 6** et la **Figure 21** présentent les résultats des valeurs de la CPUE composite.

5.2 Makaire blanc

Le document SCRS/2011/050rev présentait une estimation de la CPUE se rapportant au makaire blanc de la pêcherie palangrière du Brésil qui utilisait la même méthodologie décrite dans la rubrique consacrée au makaire bleu et aucun terme d'interaction n'a été inclus dans le modèle final. La CPUE estimée, malgré sa variabilité, ne présentait pas la grande variabilité interannuelle qui avait été observée dans le cas du makaire bleu.

Le document SCRS/2011/044rev présentait la CPUE standardisée du makaire blanc pour les palangriers japonais estimée au moyen d'une approche du modèle GLM log-normale (cf. point 5.1) en y ajoutant une valeur constante. Dans le cas du makaire bleu, la méthodologie décrite dans le document **SCRS/2011/043rev** a été appliquée en y ajoutant l'estimation des indices séparés pour les périodes 1990-2000 et 2001-2009 afin de prendre en compte les différences de gestion se rapportant aux makaires. Le groupe s'est interrogé sur le choix des zones utilisées dans l'analyse et a demandé qu'à l'avenir des scientifiques japonais puissent comparer les résultats de l'utilisation de l'ancienne méthodologie de sélection d'une zone (reposant sur les stratégies de pêche) avec la nouvelle approche consistant à utiliser l'analyse de groupement afin de définir les zones de pêche.

Le document SCRS/2011/033 présentait les taux de capture standardisés du makaire blanc de la pêcherie palangrière du Venezuela. La série a été estimée au moyen d'une approche GLM postulant une distribution delta-lognormale et comprenant l'année, le navire, le type d'appât, la profondeur de l'hameçon, la zone et la saison ainsi que les termes d'interaction dans le modèle. Les diagnostics du modèle ne présentaient pas de grands écarts par rapport aux postulats du modèle. Le groupe a demandé pourquoi les modèles intégraient les navires individuels au lieu de classer les navires par catégorie. Les auteurs ont indiqué que cette approche reflétait davantage la variabilité associée à chaque navire dans le cas où les mêmes navires n'opéraient pas de manière continue pendant toute la durée des séries temporelles.

Le document SCRS/2011/034 présentait des taux de capture standardisés du makaire blanc pour la pêcherie à petite échelle au filet maillant du Venezuela. La série a été estimée au moyen d'une approche GLM postulant une distribution log-normale et comprenant l'année et la saison ainsi que les interactions. Les diagnostics du modèle ne présentaient pas de grands écarts par rapport aux postulats du modèle.

Les séries de la CPUE du makaire blanc décrites ci-dessus sont présentées dans le **Tableau 7** et sont illustrées à la **Figure 22**.

6. Evaluation des stocks

6.1 Méthodes et données utilisées

Un document a été présenté sur la méthodologie d'évaluation des stocks (SCRS/2011/046). Ce document utilisait les données de capture et les indices d'abondance tels que fournis à la réunion de préparation des données sur le makaire bleu de 2010 afin d'actualiser les modèles de production excédentaire réalisés lors de l'évaluation des stocks de makaire bleu de 2000 pour la réunion d'évaluation des stocks de 2011. Trois logiciels de modélisation ont été employés dans ce document : ASPIC, un modèle bayésien de production excédentaire et Stock Synthèse configuré comme un modèle de production structuré par âge. Les modèles ont été configurés de façon à se rapprocher le plus possible du modèle ASPIC exécuté en 2000. Les résultats de la modélisation ont suggéré que le stock de makaire bleu est plus proche des paramètres de gestion de l'ICCAT que ce qui avait été antérieurement estimé. Ce résultat s'est avéré quelle que soit l'une ou l'autre plateforme de modélisation (ASPIC ou Stock Synthèse) utilisée. Toutefois, il est clairement ressorti que les plus récents indices de la CPUE palangrière du Brésil et de la Corée, présentés à la réunion de préparation des données sur le makaire bleu en 2010, ont le plus d'influence pour les différences estimées de B/B_{PME} et F/F_{PME} . Toutefois, les indices brésiliens disponibles à la réunion de préparation des données ont été

révisés pour la réunion d'évaluation, et pendant la réunion d'évaluation le Groupe a décidé que la CPUE palangrière de la Corée devrait être exclue d'un examen ultérieur en raison des informations limitées que contenaient les données disponibles (seules les données de la Tâche II ont été utilisées), et de l'absence d'expertise des scientifiques des CPC en matière de développement des indices.

Le Groupe a décidé de réaliser l'évaluation de l'état du stock à l'aide de deux modèles : 1) un modèle de production en conditions de non-équilibre (ASPIC) pour assurer la continuité par rapport à l'évaluation de 2000 (dernière évaluation durant laquelle des paramètres de l'état des stocks ont été élaborés), et 2) le modèle Stock Synthèse entièrement intégré décrit à l'**Appendice 5**.

Le Groupe a également décidé de réaliser des scénarios initiaux du cas de base en utilisant les indices, tels que définis à la **Section 5**, en appliquant une pondération égale entre les indices. La série de capture retenue incluait des allocations d'istiophoridés non spécifiés à des espèces spécifiques, comme l'avait calculé le Secrétariat, et une série de capture estimée pour la Martinique et la Guadeloupe fournie pendant la réunion. La prise a été assignée à quatre groupes d'engin : palangre, filet maillant, senne et canne et moulinet (prises récréatives), tous les autres engins étant regroupés avec la palangre, sachant qu'il s'agit de l'engin le moins sélectif pour le makaire bleu eu égard à la taille. Il a été noté que le Sénégal a déclaré des captures à la ligne à main et à la ligne traînante depuis 2007 inclus, mais qu'à partir de 2008, il avait commencé à déclarer des prises sportives et ne déclarait plus des captures à la ligne et à la ligne à main. Après avoir examiné les distributions de la fréquence des tailles pour les séries de capture sénégalaises, celles-ci ont toutes été regroupées avec la palangre à des fins d'analyse de l'évaluation.

Comme il est expliqué à la Section 4.1.1, le Groupe a suivi l'approche mise au point par Hoenig (1983) utilisant les paramètres de régression linéaire développés pour les espèces de poissons, afin de calculer une estimation de la mortalité naturelle, de façon à ce que :

$$\ln(Z) = 1,46 - 1,01 * \ln(t_{\max}),$$

où Z est le taux instantané constant de mortalité et t_{\max} est l'âge maximum. Dans une situation de non-exploitation, $M=Z$. En postulant un âge maximum de 30 ans (légèrement au-dessus de 27+ ans obtenu par Hill *et al.* 1989, en déterminant l'âge des pièces dures du makaire bleu du Pacifique), on a estimé que la mortalité naturelle (M) résultante s'élevait à 0,139.

6.2 Résumé de l'état du stock

6.2.1 Modèle de production en conditions de non-équilibre

ASPIC 5.3.4 a été utilisé pour tous les scénarios de modèles, et il a été postulé dans tous les cas qu'ils commençaient en 1956 avec la même capacité de charge. Tous les indices de CPUE disponibles ont été échelonnés à la moyenne de l'indice de CPUE récréatif des Etats-Unis pendant la période de chevauchement de chaque indice. L'indice récréatif des Etats-Unis a été sélectionné car c'est le seul qui possède des périodes suffisamment longues de chevauchement avec tous les autres indices. ASPIC 5.3.4 a une limite de 10 séries de CPUE, un modèle initial a été établi avec dix des 11 indices disponibles. Le seul indice qui n'a pas été utilisé a été la période tardive (2001-2009) pour l'indice palangrier du Taipei chinois. Comme il était nécessaire d'exclure au moins un indice, cet indice particulier a été sélectionné pour être exclus car l'effet sur les indices de la mise en œuvre des réglementations prévoyant la remise à l'eau du poisson vivant n'était pas clair, étant donné que cet indice a été mis au point uniquement à partir des poissons en captivité, et la période temporelle a été couverte par d'autres indices (il a été noté que d'autres indices, tels que l'indice palangrier japonais pour 2001-2009, pourraient également être affectés par la mise en œuvre de ces réglementations).

Lorsqu'on a ajusté les données avec des poids égaux pour ces 10 séries de CPUE, ou des poids proportionnels à la zone couverte par chaque pêcherie, ASPIC ne pouvait pas converger. Les indices combinés de toutes les séries pondérées de façon égale, pondérées par la zone de la pêcherie et pondérées par la prise de chaque pêcherie ont également été utilisés avec ASPIC. Dans ces derniers cas, ASPIC a convergé vers des estimations qui ont été jugées irréalistes, avec des valeurs de r de 0,023 et de K de 185.000 t. Ce manque de convergence ou la convergence vers des résultats irréalistes est lié à la présence de nombreuses tendances contradictoires trouvées dans la CPUE, comme cela se voit dans la matrice de corrélation pour les indices de la CPUE (**Tableau 8**).

Deux scénarios d'ASPIC ont été réalisés afin de venir à bout de ces problèmes. Tout d'abord, un scénario avec tous les 10 indices a été élaboré dans lequel seule la PME a été estimée et où l'on a postulé que K s'élevait à 100.000 t, afin de parvenir à la convergence. Ce postulat produit des ajustements qui ressemblent à l'ajustement obtenu en 2000, où la K estimée s'élevait à 85 600 t et équivaut à limiter la valeur de r (**Figure 23**). Ce scénario est ultérieurement dénommé de "faible productivité". Un deuxième scénario a été mis au point pour ASPIC où une sélection d'indices a été menée à bien en partant du principe que certains indices reflètent l'abondance plus que d'autres. Tous les indices utilisés dans ce passage ont été pondérés par la zone moyenne de chaque pêcherie. Les indices du Ghana et du Brésil ont été exclus étant donné qu'ils ont tendance à avoir une corrélation négative avec la plupart des autres indices avec lesquels ils se chevauchent. Les indices du Taipei chinois et du Japon ont été scindés en deux catégories (antérieur à 1980 et postérieur à 1980) afin de représenter la possibilité selon laquelle la standardisation de la CPUE n'avait pas supprimé la variation de la capturabilité causée par l'essor d'opérations en eaux profondes pour le thon obèse. L'indice du Taipei chinois n'a été utilisé qu'avant 1980, sachant que la période 1981 à 2000 a une corrélation négative avec tous les autres indices avec lesquels il se chevauche. Cette situation a donné un scénario avec sept indices dénommé ultérieurement de « forte productivité » (**Figure 24**). Ce scénario a convergé vers un résultat plausible bien que différent du scénario de « faible productivité » (**Tableau 9**).

Le Groupe a estimé que le scénario de "faible productivité" avait du mal à faire concorder les tendances des captures à long terme (montrant un schéma général de forte chute initiale de la CPUE suivie d'une longue période de taux de capture relativement nivelés) avec les tendances des captures (prises initiales relativement élevées, suivies de niveaux de capture quelque peu réduits, puis nouvelle augmentation des niveaux de capture). Ce n'est que lorsque quelques-unes des séries de CPUE seront éliminées que le modèle convergera vers une solution et que les séries de CPUE restantes deviendront quelque peu plus informatives sur la productivité du stock (scénario de "forte productivité"). Les déterminations de l'état actuel du stock pour ces deux scénarios sont plutôt similaires (**Tableau 10**) ; on estime que la biomasse du stock dans les deux cas se trouve en-deçà de B_{PME} et que la mortalité par pêche dépasse F_{PME} . Il existait des différences considérables dans les estimations de la PME, à savoir 2 700 t et 4 300 t pour les scénarios de faible et forte productivité, respectivement. Les valeurs de r correspondantes pour ces deux scénarios étaient tout aussi différentes, à savoir 0,11 et 0,65 respectivement.

Les résultats soulignent le fait qu'il n'y a aucune information dans les indices d'abondance relative susceptible d'être utilisée sans équivoque pour déterminer la productivité du stock. Le niveau de productivité ne change pas l'estimation de l'état actuel du stock qui, selon l'évaluation, est surpêché et fait actuellement l'objet de surpêche.

6.2.2 *Modèle statistiquement intégré*

La structure de base, les postulats et les intrants du cas de base du modèle pleinement intégré sur la plateforme Stock Synthèse sont décrits à l'**Appendice 5**. Les configurations et les résultats de scénarios spécifiques sont décrits ci-dessous.

Cas de base

Les paramètres de croissance estimés ont donné lieu à des courbes de croissance mâles et femelles qui ont bien concordé avec ce qui passe pour être les véritables fonctions biologiques (**Figure 25**, panneau supérieur). L'ajustement résultant aux observations du sexe ratio (**Figure 25**, panneau inférieur) s'est avéré très satisfaisant, notamment en ce qui concerne les poissons sexuellement matures). Par conséquent, le Groupe a adopté une approche de modèle à deux sexes.

L'ajustement aux séries temporelles de la CPUE a démontré les incohérences entre les 11 indices (**Figure 26**). Le modèle a été dans l'incapacité de complètement cerner quelques-unes des variations annuelles observées dans la CPUE. On a postulé que ceci était dû aux limites imposées aux déviations du recrutement (-0,5 et 0,5).

Il s'est avéré que les données de composition des tailles ne fournissaient aucun signe significatif en ce qui concerne la variation annuelle du recrutement. Compte tenu de ce facteur et des cohérences annuelles dans les données de fréquence des tailles, l'ajustement des longueurs et des sélectivités estimées résultantes (**Figure 27**) n'ont pas posé de problèmes significatifs. Il a été conclu que la sélectivité variable en fonction du temps pour la pêcherie sportive était une solution satisfaisante pour tenir compte des changements dans les fréquences de tailles qui étaient dus à des changements dans les réglementations sur la taille minimum. L'ajustement aux mortalités estimées après la remise à l'eau des rejets vivants de la pêche récréative, dues, entre autres choses, à la réglementation sur la taille minimum, se trouve à la **Figure 28**. Le Groupe a jugé que l'ajustement était satisfaisant. Le Groupe a discuté de la question de savoir comment il fallait traiter au mieux la mortalité post remise à l'eau des rejets vivants capturés à la palangre au sein du cadre de modélisation de l'évaluation. Le Groupe a conclu que la base du problème reposait sur une absence

d'estimations fiables des rejets en ce qui concerne à la fois la quantité et la composition des tailles. De nouvelles discussions ont suivi qui ont mis l'accent sur la nécessité de disposer également d'estimations de la mortalité des rejets spécifique aux flottilles.

Il s'est avéré que les tendances estimées de la biomasse du stock reproducteur étaient similaires à celles estimées dans des évaluations antérieures (**Figure 29**). Les estimations du recrutement ont affiché des intervalles de confiance très larges (**Figure 30**). Cela est dû au fait que pratiquement tous les signaux de recrutement provenaient des données de CPUE, étant donné qu'aucun signal n'a été trouvé dans les données de taille. Les données de CPUE étaient essentiellement un indice adulte et, en tant que tel, ne peuvent pas fournir de clair signal de la force des recrutements annuels. En outre, en raison des incohérences dans les séries temporelles de la CPUE, le modèle n'a pas pu obtenir des estimations fiables du recrutement annuel. Néanmoins, une tendance s'est clairement manifestée dans les trajectoires estimées par une augmentation de 1990 à 2000, suivie par une brusque chute par la suite. Toutefois, le signal pour cette tendance provenait plus vraisemblablement des données de débarquement, qui ont également affiché une baisse au même moment, mais qui était probablement due à des mesures réglementaires. Compte tenu de toutes les difficultés évoquées ci-dessus, les estimations du recrutement annuel demeurent fort incertaines.

Nonobstant les incertitudes dans le recrutement, les estimations de la relation stock reproducteur-recrutement sont apparues raisonnables (**Figure 31**). Or, les limites imposées aux déviations du recrutement ont été atteintes pour certaines années (**Figure 32**). L'estimation du recrutement vierge s'élevait à 5,026 (échelle logarithmique) avec une déviation standard de 0,166, et l'estimation de l'inclinaison était de 0,411, avec une déviation standard de 0,062 (**Tableau 11**). Cela a donné lieu à une estimation de la production maximale équilibrée de 2.837 t (SD = 246 t). L'état du stock estimée à partir du cas de base du modèle est que le stock est actuellement surpêché ($B/B_{PME} = 0,670$, SD = 0,071) et qu'il fait actuellement l'objet d'une surpêche ($F/F_{PME} = 1,633$, SD = 0,263). La tendance annuelle de l'état du stock est illustrée à la **Figure 33**.

Afin de mieux décrire l'incertitude entourant le paramètre et les estimations des quantités obtenues, une série de MCMC a été lancée. Ceux-ci ont donné lieu à la distribution de l'estimation de B/B_{PME} et F/F_{PME} en 2009 (**Figure 34**) ainsi qu'aux diagrammes de phase de Kobe (**Figure 35**).

Scénarios de sensibilité

Afin d'examiner la sensibilité des résultats à la valeur postulée de la mortalité naturelle, il a été demandé que deux scénarios supplémentaires soient réalisés avec la valeur de la mortalité naturelle fixée aux valeurs supérieures et inférieures des intervalles de confiance de 95%, en postulant une moyenne de 0,139 et un coefficient de variation (CV) de 25% (valeur inférieure $M = 0,07$; valeur supérieure $M = 0,19$). Le modèle n'a pas pu converger vers le niveau inférieur de M (**Tableau 12**). Tant que M n'a pas été élevée à $M = 0,12$, le modèle n'a pas rencontré de solution satisfaisante. A $M = 0,12$, l'état estimé du stock par rapport aux paramètres a très peu changé ($B/B_{PME} = 0,700$; SD = 0,077 ; $F/F_{PME} = 1,499$; SD = 0,240). Pareillement, lorsque M se trouve à l'extrémité supérieure de la gamme, l'estimation de l'état du stock n'a pas affiché de changement significatif ($B/B_{PME} = 0,636$; SD = 0,065 ; $F/F_{PME} = 1,854$; SD = 0,312). Ces résultats sont illustrés à la **Figure 36** et à la **Figure 37**. Par conséquent, l'estimation de l'état actuel du stock ne semble pas être particulièrement sensible aux postulats en ce qui concerne la mortalité naturelle au sein des limites explorées.

Il a été noté que, pendant le scénario du cas de base du modèle, des limites aux déviations du recrutement ont été atteintes sur plusieurs années. Afin d'examiner la sensibilité des résultats face aux contraintes pour les déviations de recrutement, les limites ont été élargies à des valeurs de -5,0 à 5,0 qui sont des niveaux ne devant être que rarement restrictifs. L'ajustement du modèle suivant a été très instable, incohérent entre les scénarios, et ne convergait pas adéquatement. Cela est très vraisemblablement dû au fait que les seuls signaux de données à partir desquels les déviations étaient estimées provenaient des données de CPUE. Sans aucune autre observation susceptible d'informer le modèle en ce qui concerne la variation du recrutement, l'expérimentation a fait apparaître que, quand les déviations du recrutement ne sont pas limitées, le modèle s'est servi des déviations du recrutement pour ajuster les variations irrégulières dans chacune des séries temporelles de la CPUE. On a essayé d'estimer davantage de déviations de recrutement en remontant plus loin dans le temps (à partir de 1957). Même si le modèle a été capable de converger à l'aide de cette tactique, la convergence s'est avérée incohérente. Cela aboutit à la conclusion soit d'une surface de réponse très plane, soit d'une présence de plusieurs minimums locaux ; chacune de ces deux options considérerait le modèle sujet à caution. Par conséquent, les limites aux déviations du recrutement ont été maintenues telles qu'elles ont été initialement configurées pour le cas de base du modèle. Or, il a été noté que ces limites pourraient avoir une influence significative sur l'estimation du paramètre de l'inclinaison.

6.3 Projections

Pour les projections, le Groupe a décidé d'utiliser les prises de 2010 qui ont été estimées à la présente réunion (3 431 t), au cours de laquelle les prises de 2009 ont été reportées à 2010 pour les CPC qui n'avaient pas encore déclaré les captures de 2010. On a aussi postulé que les prises de 2011 étaient identiques à celles estimées pour 2010, étant donné que les mesures établies à la prochaine réunion de la Commission ne pourraient être mises en oeuvre qu'en 2012 au plus tôt.

Le Groupe a décidé que des projections devraient être réalisées en postulant des niveaux de capture constants, à compter de 2012, dans une gamme de 0 à 6.000 t. Toutefois, les résultats indiquent que des projections avec un TAC supérieur à 4.000 t ont entraîné l'effondrement du stock. A des fins de présentation, les projections se sont limitées à un TAC dont la gamme s'étendait de 0 à 4.000 t.

6.3.1 Projections des résultats du modèle de production en conditions de non-équilibre

Des projections réalisées à partir du cas de "faible productivité" avec des niveaux futurs de capture de 2.000 t ou plus suggèrent qu'il est plus vraisemblable que la biomasse du stock continue à chuter. Avec des prises de 1.500 t, il est plus probable que le stock augmente au lieu de chuter. Des projections réalisées à partir du cas de "forte productivité" avec des niveaux futurs de capture de 3.000 t ou moins permettraient au stock de se rétablir. Des projections réalisées avec des captures de 3.500 t (*statu quo*) suggèrent que le stock ne se rétablirait pas ou ne diminuerait pas.

Le Groupe a décidé que les estimations de l'état actuel du stock et les projections ultérieures devraient se fonder sur le modèle statistiquement intégré plutôt que le modèle de production en conditions de non-équilibre. Cette détermination s'est fondée sur le fait que le modèle de production était dans l'incapacité de parvenir à un ajustement satisfaisant des données sans fixer deux des trois paramètres, peut-être à des valeurs quelque peu arbitraires, ou en éliminant certaines séries de CPUE. Même si le modèle pleinement intégré a utilisé certaines des mêmes données, la capacité du modèle intégré à incorporer davantage de données disponibles et le fait qu'il ait été capable d'atteindre avec succès la convergence ont poussé le Groupe à choisir le modèle pleinement intégré à des fins d'examen et de projections ultérieures. Le Groupe a constaté que les données disponibles ne fournissaient pas suffisamment d'information pour qu'un des deux modèles puisse déterminer de manière fiable la productivité du stock. C'est pourquoi les projections sont incertaines.

6.3.2 Projections utilisant le modèle statistiquement intégré

Afin d'évaluer les implications des niveaux futurs de capture pour rétablir le stock, des projections ont été réalisées avec le logiciel Stock Synthèse (SS3) comme suit. On a projeté de façon déterministe l'état du stock de makaire bleu à la fin de 2009 (dernière année du cas de base du modèle SS3) en postulant différents niveaux de capture totale. Les projections ont postulé que, pour 2010 et 2011, les niveaux de capture étaient ceux que le Groupe avait estimés pendant la révision des statistiques de capture (*cf.* section 2.1), soit 3.431 t. De futures captures, à partir de 2012, ont été projetées à des niveaux constants allant de 0 à 4 000 t par an (avec des incréments de 500 t).

Le **Tableau 13** et la **Figure 37** illustrent les tendances de la biomasse relative (SSB/SSB_{PME}) du stock pendant la période couverte par les projections. De manière générale, les prises totales supérieures à 3.000 t ont entraîné la poursuite de la chute de la biomasse du stock au cours de la période projetée. Des prises totales de 2.000 t ou inférieures ont permis à la biomasse du stock d'augmenter pendant cette période de temps ; des prises d'environ 2.500 t maintiendront le stock pratiquement au même niveau d'épuisement qu'en 2011. Seules des prises de 1.500 t ou en-deçà permettront au stock de se rétablir à des niveaux de biomasse correspondant à SSB_{PME} ou au-dessus avant 2026. Le Groupe a noté que les projections de stocks se comportent de la même façon que celles du cas de "faible productivité" du modèle de production excédentaire (ASPIC), même si le rétablissement est quelque peu plus rapide avec le cas de base du modèle pleinement intégré. Comme il a été noté précédemment, en raison des incertitudes entourant les estimations de la productivité du stock, les projections sont incertaines (*cf.* **Figure 43**).

7. Evaluation du scénario de gestion

Des évaluations de gestion ont été menées afin de formuler un avis sous la forme d'une matrice de stratégie de Kobe II (K2SM), suivant les directives élaborées par le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks de 2009 (Anonyme, 2010). La matrice K2SM est un tableau de décisions qui récapitule les probabilités d'atteindre, dans des délais donnés, des objectifs de biomasse et de taux de mortalité par pêche (c'est-à-dire en rapport avec le maintien des stocks à des niveaux pouvant permettre la production maximale équilibrée) selon différents régimes de gestion, tels que les niveaux de TAC. La matrice de stratégie de Kobe II est utilisée par toutes les ORGP thonières et sa production est désormais le résultat principal des groupes d'évaluation. Ceci est important car cela signifie que le mandat des groupes d'espèces s'est élargi : il ne s'agit plus de simplement déterminer l'état actuel des stocks, mais de formuler un avis de gestion probabiliste qui incorpore l'incertitude.

Les évaluations de stocks traditionnelles ne tiennent essentiellement compte que de l'incertitude entourant les observations et le processus (p.ex. le recrutement). Toutefois, l'incertitude sur la dynamique véritable (c'est-à-dire l'incertitude du modèle) a un impact plus grand sur le fait d'atteindre les objectifs de gestion (Punt 2006). C'est pourquoi, lors de la formulation de l'avis de gestion, il est important de tenir compte des sources d'incertitude appropriées. Rosenberg et Restrepo (1994) ont classé par catégories les incertitudes entourant l'évaluation et la gestion des stocks de poissons, comme suit :

- Erreur de processus : causé pour avoir négligé la variabilité spatio-temporelle dans la dynamique des populations et les processus des pêcheries ;
- Erreur d'observation : erreur d'échantillonnage et erreur de mesure ;
- Erreur d'estimation : se produit lors de l'estimation des paramètres des modèles utilisés dans la procédure d'évaluation ;
- Erreur de mise en œuvre : lorsque les effets des mesures de gestion peuvent différer des effets prévus.
- Erreur du modèle : en rapport avec la capacité de la structure du modèle à capturer le noyau de la dynamique du système.

Les sources d'incertitude liées à l'erreur du modèle incluent : i) l'incertitude structurelle, due à des modèles inadéquats, à des cadres conceptuels incomplets ou conflictuels, au fait que d'importants processus et/ou relations sont spécifiés de façon erronée ou ne sont pas pris en compte, lesquels tendent à être sous-estimés par les experts (Morgan *et al.*, 1990) et ii) l'incertitude des valeurs, en raison de données manquantes ou imprécises ou de paramètres peu connus.

Les directives élaborées par le Groupe sur les méthodes d'évaluation des stocks sont les suivantes :

- Les matrices devraient être présentées à la fois sous forme tabulaire et graphique.
- Le(s) modèle(s), les scénarios du modèle et les méthodologies utilisés pour l'élaboration devraient être clairement documentés.
- Les matrices devraient être construites à partir des modèles d'évaluation utilisés pour déterminer l'état des stocks.
- Les matrices devraient clairement décrire les postulats et les incertitudes.
- Il conviendrait d'employer des méthodologies visant à établir la moyenne des modèles, l'harmonisation des modèles et la formulation d'affirmations probabilistes concernant les règles de contrôle de la ponction.
- Plusieurs matrices pourraient s'avérer nécessaires en vue de fournir un avis englobant des hypothèses alternatives.

Les projections stochastiques constituent la base de la K2SM et c'est pourquoi la section 6.3 fournit une documentation complète sur la façon dont celles-ci ont été menées. Celle-ci décrit notamment :

- Le logiciel utilisé pour la projection.
- Les spécifications du modèle de recrutement/remplacement du recrutement/structure d'erreur.
- Les spécifications de la sélectivité/F partiel.
- Les calculs de l'âge du "groupe-plus".
- La période temporelle de la projection.
- Les postulats sur la mise en œuvre de la gestion.

Deux méthodes d'évaluation des stocks ont été utilisées pendant la réunion : un modèle de production excédentaire (ASPIC) et un modèle statistique de capture structuré par âge-sexe (SS3) (*cf.* section 6.1) et des projections ont été réalisées à l'aide de ces deux méthodes (*cf.* section 6.3). Le Groupe a décidé d'utiliser le SS3 comme modèle de base, c'est pourquoi seules les projections de SS3 ont été utilisées pour produire la K2SM.

L'incertitude dans l'évaluation a été décrite en effectuant à la fois des scénarios de sensibilité et de Markov Chain Monte Carlo (MCMC). Les scénarios de sensibilité ont évalué l'incertitude dans les connaissances du Groupe en ce qui concerne la mortalité naturelle et le paramètre d'inclinaison de la relation stock-recrutement (c'est-à-dire l'incertitude de la valeur), tandis que les scénarios de MCMC ont été exécutés pour fournir l'incertitude dans les paramètres et les quantités obtenus de ceux-ci (soit l'erreur d'estimation). La configuration du modèle utilisée dans l'analyse du MCMC était exactement la même que celle du cas de base du modèle. Cela signifie que les valeurs de référence a priori et les limites des paramètres sont demeurées les mêmes.

La méthode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) est une méthode visant à calculer par approximation la distribution a posteriori des paramètres d'intérêt dans un cadre bayésien. SS3 est basé sur AD Model Builder et peut donc utiliser à la fois le mode de la distribution a posteriori et la matrice Hessien afin de mettre en œuvre une version de l'algorithme de Hastings-Metropolis visant à obtenir une séquence d'échantillons aléatoires à partir d'une distribution de probabilités. AD Model Builder présente un autre avantage, à savoir qu'il permet de comparer la vraisemblance de profil pour un paramètre d'intérêt avec la distribution MCMC. Une grande divergence pourrait indiquer qu'une estimation ou les deux sont inadéquates.

Les estimations du recrutement annuel réalisées dans l'évaluation étaient très incertaines et les limites de déviation du recrutement ont été atteintes pour plusieurs années. Les limites pourraient avoir une influence significative sur l'estimation du paramètre de l'inclinaison et par conséquent de la productivité du stock et des points de référence basés sur la PME. Or, les estimations de l'état du stock et du taux d'exploitation par rapport aux paramètres fondés sur la PME apparaissaient solides face à la valeur de M postulée (cf. 6.2.2). Il manque également des données fiables sur la mortalité post remise à l'eau des rejets vivants à des fins d'utilisation dans l'évaluation des stocks et, fait important, à des fins de projection du stock en fonction de différentes options de gestion (erreur de mise en œuvre). On n'a toutefois pas tenu compte de l'incertitude entourant la mortalité post remise à l'eau des rejets vivants sur la mise en œuvre des mesures de gestion.

Des projections ont été réalisées à l'aide du scénario du cas de base de 2010 à 2026 compris (cf. section 6.3). Pour 2010 et 2011, on a postulé une capture de 3 431 t (estimée par le Groupe pour 2011 sur la base des rapports préliminaires des CPC) étant donné que les réglementations de gestion devraient débuter en 2012 au plus tôt. Les projections ont postulé les mêmes paramètres et caractéristiques biologiques et halieutiques que le cas de base du modèle de l'évaluation, c'est-à-dire que les paramètres ont été constants au fil des ans et le scénario du MCMC a été constant pour les paramètres biologiques et au fil des années pour les paramètres des pêcheries. L'allocation de TAC entre les flottilles réalisée dans les projections s'est fondée sur les proportions de capture moyenne par flottilles pour les cinq dernières années (2005-2009).

Le fait d'exécuter des projections de captures constantes pour plus d'une flottille avec différents schémas de sélection selon une clef d'allocation fixe signifie qu'un changement de structure de la population (p.ex. dû à un programme de gestion destiné à rétablir un stock) entraînera une variation annuelle de la mortalité par pêche partielle relative. Étant donné que les points de référence de la PME sont calculés en postulant un schéma de sélection fondé sur la mortalité par pêche totale, qui est une somme pondérée des F partiels, les points de référence basés sur la PME varieront également par an. Pareillement, les estimations historiques des points de référence fondés sur la PME varieront également là où les F partiels relatifs ont varié. Toutefois, SS3 postule que les points de référence fondés sur la PME sont fixes dans un scénario de MCMC, à la fois historiquement et à l'avenir, ce qui signifie que les séries temporelles de SSB et le taux de capture par rapport à B_{PME} et F_{PME} seront biaisés de différentes façons dans le temps et entre les régimes de TAC.

Les séries temporelles de la biomasse par rapport à B_{PME} et le taux de capture par rapport à F_{PME} sont présentés à la **Figure 38** (période historique 1957-2009) et aux **Figures 39 et 40** pour les projections (2010-2026) utilisées pour construire le K2SM (**Tableau 14**). Pour les périodes historiques, les lignes représentent la médiane et les valeurs inter quartiles de 80%. L'état actuel du stock de makaire bleu est présenté à la **Figure 41** qui indique le niveau d'incertitude dans les résultats du cas de base du modèle.

Le KS2M montre les probabilités de se trouver dans le quadrant de Kobe correspondant à $SSB \geq SSB_{PME}$ et $F \leq F_{PME}$ par an pour chacun des niveaux de TAC (**Figure 42**). La **Figure 43** illustre le diagramme de phase de Kobe avec des réalisations individuelles de plusieurs modèles évalués.

8. Effets des réglementations actuelles

La [Rec. 06-09] a établi des restrictions de capture pour le makaire bleu et le makaire blanc. Elle stipulait que le volume annuel de makaire bleu pouvant être pêché par les senneurs et les palangriers pélagiques et retenus aux fins de débarquement ne devait pas dépasser 50% pour le makaire bleu des niveaux de débarquement de 1996 ou 1999, soit le chiffre le plus élevé des deux. Cette recommandation établissait que : « Tout makaire bleu ou makaire blanc amené vivant sur un palangrier ou un senneur pélagique sera remis à l'eau de façon à lui donner un maximum de chances de survie. Les dispositions du présent paragraphe ne s'appliqueront pas aux makaires amenés morts le long des bateaux et qui ne sont, ni vendus, ni acheminés vers les circuits commerciaux. »

Le Groupe a discuté de cette recommandation. Au cours de ces discussions, le Groupe a traité de la question de documenter le nombre des remises à l'eau de spécimens vivants et de la difficulté d'estimer ce chiffre pour l'ensemble des pêcheries. Apparemment, certains programmes d'observateurs de palangriers et de senneurs de membres de l'ICCAT n'enregistrent pas cette variable, de telle sorte que l'on ne peut pas réaliser une évaluation quantitative, dans tout l'Atlantique, de la mesure dans laquelle les membres de l'ICCAT appliquent cette recommandation. Le Groupe a recommandé de rectifier cette situation pour que la recommandation de la Commission portant sur les remises à l'eau de spécimens vivants puisse être évaluée dans le contexte du programme de rétablissement des istiophoridés. Le Groupe a recommandé qu'en plus d'enregistrer le nombre d'istiophoridés remis à l'eau vivants et le nombre de rejets morts ou de rétention à bord, les CPC devraient fournir des estimations de la mortalité des rejets vivants. Les études s'appuyant sur le marquage électronique ou des informations auxiliaires, telles que le type d'engin terminal, le degré de blessure à la remise à l'eau, l'état du poisson à la remise à l'eau, pourraient contribuer à estimer les taux de survie du makaire bleu capturé et remis à l'eau.

Le Groupe a considéré également que l'on ne disposait pas d'informations suffisantes sur la proportion des poissons remis à l'eau vivants pour toutes les flottilles pour pouvoir évaluer l'efficacité de cette réglementation particulière. La prise moyenne réalisée par les palangriers pélagiques et les senneurs au cours de la période 2005-2009 s'élevait à 1 938 t, ou 51 % de la prise maximale de ces mêmes flottilles en 1996 ou 1999 (3 810 t), soit un volume supérieur aux 50% recommandés dans la recommandation actuelle [Rec. 06-09].

9. Recommandations

9.1 Recherche et Statistiques

1. Le Groupe a recommandé qu'il convient de souligner que les CPC doivent soumettre les données de Tâche I et de Tâche II pour les réunions intersessions dans les délais fixés par le Secrétariat.
2. Le Groupe a recommandé de poursuivre l'étude sur l'âge et la croissance du makaire bleu, soulignant la nécessité d'inclure dans l'étude des sections d'épine anale de grands spécimens dans les zones subtropicales et tempérées.
3. Le Groupe a reconnu l'importance des nouvelles estimations de capture de makaire bleu des pêcheries opérant sous DCP de la Martinique et de la Guadeloupe et il a recommandé que les détails de l'estimation soient présentés sous la forme d'un document SCRS à la prochaine réunion du groupe d'espèces. Le Groupe a également recommandé que d'autres pays des Caraïbes dotés de pêcheries opérant sous DCP déclarent dans le détail leurs prises spécifiques d'istiophoridés.
4. Le Groupe a encouragé le Secrétariat à contacter d'autres ORGP dans la grande Caraïbe afin d'explorer la mise en commun des données relatives aux pêcheries de l'ICCAT.
5. Le Groupe a reconnu la complexité des captures de makaire blanc déclarées, sachant que les prises historiques pourraient contenir un mélange d'espèces, comme le makaire épée (RSP) et le makaire-bécune (SPF) en plus du makaire blanc. C'est pourquoi le Groupe a recommandé que l'évaluation du stock de makaire blanc devant être réalisée en 2012 soit considérée comme étant une évaluation de stock d'espèces mixtes.
6. Constatant les problèmes d'erreur d'identification entre le makaire blanc, le makaire épée et le makaire-bécune, le Groupe a recommandé de réaliser une étude englobant tout l'Atlantique portant sur la distribution et l'abondance du makaire blanc/makaire épée/makaire-bécune en collaboration avec les CPC ayant des

flottes opérant dans tout l'Atlantique, notamment dans les zones de pêche situées à l'Est et au Sud-Ouest de l'Atlantique.

7. Le Groupe a fortement recommandé que la Commission fournisse un financement supplémentaire (50.000 euros) au Programme de recherche intensive sur les istiophoridés aux fins de la réalisation, dans un futur immédiat, d'une étude génétique visant à accélérer l'acquisition et l'analyse des données dans le but de séparer le makaire blanc du *Tetrapturus spp.*
8. Signalant que l'estimation des indices d'abondance relative fournit toujours de meilleurs résultats avec la résolution spatio-temporelle la plus élevée permise par les données disponibles, le Groupe a recommandé que toutes les CPC, et notamment celles qui présentent des captures importantes de makaire blanc, fournissent des indices actualisés d'abondance relative obtenus à partir des données de CPUE de haute résolution et tiennent compte de l'effet des réglementations actuelles dans le processus de standardisation. A titre d'exemple, lorsque l'on ne dispose que d'information sur les poissons retenus, il conviendrait de tenir compte de l'effet de la mise en oeuvre des réglementations prévoyant la remise à l'eau des poissons vivants capturés à la palangre, en élaborant par exemple des indices distincts avant et après la mise en oeuvre.
9. Le Groupe a recommandé que les modèles de production excédentaire réalisés dans le cadre de l'évaluation du stock de makaire blanc en 2000 soient mis à jour à la réunion d'évaluation du stock de 2012.

9.2 Gestion

L'évaluation actuelle du stock de makaire bleu indique que le stock se trouve en-dessous de B_{PME} et que la mortalité par pêche est au-dessus de F_{PME} (2009). A moins que les niveaux actuels de capture (3.431 t, 2010) ne soient considérablement réduits, le stock continuera vraisemblablement à chuter. La Commission devrait adopter un programme de rétablissement pour le stock de makaire bleu de l'Atlantique.

La Commission devrait mettre en oeuvre des mesures de gestion visant à réduire immédiatement la mortalité par pêche du stock de makaire bleu en adoptant un TAC permettant au stock de s'accroître (2.000 t ou moins, rejets morts compris).

1. Afin de faciliter la mise en oeuvre du TAC, la Commission pourrait envisager l'adoption de mesures, incluant, mais sans s'y limiter, les éléments ci-après :
 - a. Interdire totalement les débarquements de makaire bleu capturés par les pêcheries de palangriers pélagiques et de senneurs, afin d'améliorer l'efficacité des mesures de gestion actuelles.
 - b. Encourager l'utilisation de configurations d'engins alternatives qui réduisent la probabilité d'un hameçonnage en profondeur et augmentent donc la survie après la remise à l'eau (hameçons circulaires, p.ex.).
 - c. Appliquer de façon plus large les fermetures spatio-temporelles.
 - d. Envisager l'adoption de mesures visant à réduire la mortalité par pêche du makaire bleu originaire des pêcheries de petits métiers.
2. Constatant les problèmes d'erreur d'identification entre le makaire blanc et le *Tetrapturus spp.*, le Groupe a recommandé que des recommandations de gestion combinent ces espèces comme un stock mixte, tant qu'une identification et différenciation spécifiques plus précises des captures par espèces ne seront disponibles.
3. La Commission devrait exiger la déclaration des captures de makaire blanc et de makaire épée de façon séparée.

10. Autres questions

Le Groupe a longuement discuté de la complexité d'établir avec précision la distinction entre le makaire blanc d'une part, et le makaire épée et le makaire-bécune d'autre part. Il a reconnu que l'analyse génétique constituait la méthode de séparation des espèces la plus exacte, mais que des observateurs scientifiques et des pêcheurs bien expérimentés et bien formés peuvent séparer les espèces avec exactitude en utilisant les caractéristiques anatomiques. Comme suite à la recommandation formulée pendant la réunion de préparation des données sur le makaire bleu, à l'effet que le chapitre sur le *Tetrapturus spp.* du Manuel de l'ICCAT soit mis à jour afin de tenir compte des problèmes d'erreur d'identification entre le makaire épée, le makaire-bécune et le makaire blanc, ainsi que de la nécessité de disposer de

fiches d'identification sur le terrain pour toutes les espèces d'istiophoridés, similaires à celles élaborées pour les requins et les thonidés mineurs, mais dotées de caractéristiques clefs permettant de séparer avec précision le makaire blanc des espèces de *Tetrapturus spp.* Afin que toutes les CPC puissent séparer avec précision le makaire blanc du *Tetrapturus spp.*, les instruments, tels que ceux susmentionnés, doivent être actualisés et mis au point par le Secrétariat et des fonds doivent être alloués pour le développement de ces instruments d'identification.

11. Adoption du rapport et clôture

Le rapport a été adopté pendant la réunion.

Le Président a remercié les participants pour tout le travail réalisé.

La réunion a été levée.

Références

- Anon. 2010, Report of the 2009 ICCAT Working Group on Stock Assessment Methods. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(5): 1851-1908.
- Anon. 2011, Report of the 2010 Blue Marlin Data Preparatory Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(3): 1011-1115.
- Amorim, A., Arfelli, C., Antero-Silva, J., Fagundes, L., Costa, F. and Assumpção, R. 1998, Blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) caught off the Brazilian coast. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 47: 163-84.
- Amorim, A., Arfelli, C., Hazin, F., Antero-Silva, J., Lessa, R. and Arraes, R. 1994, Blue marlin (*Makaira nigricans*) fisheries off the Brazilian coast by national and leased longliners (1971-1991). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 41: 208-213.
- Arocha, F., and Silva, J. 2011, Proportion of *Tetrapturus georgii* (SPG) with respect to *T. albidus* (WHM) in the Venezuelan pelagic longline catch in the western Caribbean Sea and adjacent Atlantic waters during 2002 – 2007. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(4): 1787-1793.
- Beerkircher, L., Arocha, F., Barse, A., Prince, E., Restrepo, V., Serafy, J. and Shivji, M. 2009, Effects of species misidentification on population assessment of overfished white marlin *Tetrapturus albidus* and roundscale spearfish *T. georgii*. Endangered Species Research 9:81-90.
- Goodyear, C.P., Luo, J., Prince, E.D., Hoolihan, J.P., Snodgrass, D., Orbesen, E.S. and Serafy, J.E. 2008, Vertical habitat use of Atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*): interaction with pelagic longline gear. Mar. Ecol. Prog. Ser., 365, 233-245.
- Hill, K.T., Cailliet, C.M. and Radtke, R.L. 1989, A comparative analysis of growth zones in four calcified structures of Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. Fish Bull. 87: 829-843.
- Hoenig, J.M. 1983, Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fishery Bulletin (U.S.) 82 (1): 898-902.
- Kell, L. Palma, C. and Prince, E. Standardisation of blue marlin CPUE taking into account habitat compression. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(4): 1738-1759.
- Kraus, R.T., Wells, R.J.D. and Rooker, J.R. 2011, Horizontal movements of Atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*) in the Gulf of Mexico. Mar. Biol., 158, 699-713.
- Orbesen, E.S., Snodgrass, D., Hoolihan, J.P. and Prince, E.D. 2011, Updated U.S. conventional tagging database for Atlantic bluefin marlin (1955-2008), with comments on potential stock structure. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(4): 1685-1691.
- Prince, E.D. and Goodyear, C.P. 2006, Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fishes. Fish. Oceanogr., 15, 451-464.
- Prince, E.D., Luo, J., Goodyear, C.P., Hoolihan, J.P., Snodgrass, D., Orbesen, E.S., Serafy, J.E., Ortiz, M. and Schirripa, M.J. 2010, Ocean scale hypoxia-based habitat compression of Atlantic istiophorid billfishes. Fish. Oceanogr, 19, 448-462.
- Shivji, M.S., Magnussen, J.E., Beerkircher, L.R., Hinteregger, G., Lee, D.W., Serafy, J.E. and Prince, E.D. 2006, Validity, identification, and distribution of the roundscale spearfish, *Tetrapturus georgii* (Teleostei: Istiophoridae): Morphological and molecular evidence. Bulletin of Marine Science 79(3):483.
- Ueyanagi, S., Kikawa, S., Uto, and Nishikawa, Y. 1970, Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., Shimizu, (3):15-55, July. (In Japanese with English summary).
- Rosenberg, A.A. and Restrepo, V.R. 1994, Uncertainty and risk evaluation in stock assessment advice for U.S. marine fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 51(12):2715-2720.
- Morgan, M.G., Henrion, M. and Small, M. 1990, Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis. Cambridge: Cambridge University Press.
- Punt, A.E. 2006, The FAO precautionary approach after almost 10 years: Have we progressed towards implementing simulation-tested feedback-control management systems for fisheries management? Natural Resource Modeling 19(4):441-464.

Snodgrass, D. Orbessen, E.S., Hollihan, J.P. and Prince, E.D. 2011, The U.S. conventional tagging database updates for Atlantic white marlin (1954-2008). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66 (*in this issue*).

Wells, R.J.D., Rooker, J.R. and Prince, E.D. 2010, Regional variation in the otolith chemistry of blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western North Atlantic Ocean. Fish. Res., 106, 430-435.

TABLEAUX

Tableau 1. Ponctions totales de makaire bleu entre 1956-2010. Les valeurs incluaient la composante estimée de BUM provenant des prises non classifiées d'istiophoridés, les séries de capture révisées émanant des estimations des pêcheries sous DCP des Antilles françaises et les estimations du Groupe pour 2010.

Tableau 2. Total des données de la Tâche I déclarées comme rejets vivants de makaire bleu et de makaire blanc provenant des CPC qui ont soumis cette information au Secrétariat.

Tableau 3. Ponctions totales de makaire blanc entre 1956-2010. Les valeurs incluaient la composante estimée de WHM provenant des prises non classifiées d'istiophoridés.

Tableau 4. Catalogue de la Tâche I (t1, en tonnes, nombres) et de la Tâche II (t2 disponibilité : où les cellules jaunes = t2ce seulement ; cellules vertes = t2ce & t2sz ; cellules rouges = pas de t2) pour le makaire blanc entre 1990 et 2010.

Tableau 5. Indices de la CPUE standardisée du makaire bleu utilisés dans l'évaluation du stock de 2010. Il est à noter que l'indice du Taipei chinois pour la période 2001-2009 (cellules ombrées) a été inclus dans le modèle comme un indice distinct (*cf.* texte pour obtenir une explication).

Tableau 6. Indices combinés de la CPUE standardisée du makaire bleu estimés à l'aide d'une pondération égale pour toutes les séries de CPUE (EQW), en pondérant les séries de CPUE par zone (ARW) et par capture (CAW).

Tableau 7. Indices de la CPUE standardisée du makaire blanc présentés à la présente réunion.

Tableau 8. Corrélations entre les indices utilisés dans les scénarios ASPIC. Sous chaque corrélation est également indiqué le nombre d'années de chevauchement pour les deux indices mis en corrélation.

Tableau 9. Degré d'ajustement des données de CPUE à des modèles ASPIC alternatifs (faible productivité et forte productivité) tel que mesuré avec le carré r partiel pour chaque indice. Il est à noter que certains indices sont utilisés dans les deux modèles et que d'autres ne le sont pas. Les couleurs ombrées dénotent un ajustement très positif (vert), moyennement positif (turquoise), moyennement négatif (jaune) et très négatif (rouge).

Tableau 10. Paramètres de gestion résultant de deux modèles ASPIC alternatifs. * Les valeurs étaient fixes, et n'ont pas été estimées afin d'aider le modèle à converger. Les limites de confiance de 80% des scénarios par bootstrap sont entre parenthèses. ** r est calculé à partir des valeurs de K et de la PME.

Tableau 11. Quantités estimées et obtenues à partir du cas de base du modèle pleinement intégré. Les valeurs de F sont le ratio de F total par rapport à F_{PME} .

Tableau 12. Tableau de résultats des scénarios de sensibilité avec divers taux fixes de mortalité naturelle requis par le Groupe de travail. La rangée surlignée indiquait le cas de base du modèle.

Tableau 13. Tendances du ratio de la biomasse (SSB/SSB_{PME}) pour les projections du stock de makaire bleu à différents niveaux de la prise totale annuelle. Pour 2010 et 2011, une capture de 4 341 t a été postulée, comme l'avait estimé le Groupe.

Tableau 14. Matrice de stratégie de Kobe II (K2SM). Les valeurs en pourcentages indiquent la probabilité d'atteindre le but de $SSB_{yr} \geq SSB_{PME}$ et $F_{yr} < F_{PME}$ pour chaque année (yr) en fonction de différents scénarios de prise constante (TAC en tonnes).

FIGURES

Figure 1. Prises totales de makaire bleu avec rejets vivants et morts entre 1956 et 2010*. Les données de 2010 ont été estimées par le Groupe pendant la réunion et devraient être considérées comme provisoires.

Figure 2. Prises totales de makaire bleu avec rejets vivants et morts entre 1956 et 2010 pour le stock de l'Atlantique Nord.

Figure 3. Prises totales de makaire bleu avec rejets vivants et morts entre 1956 et 2010 pour le stock de l'Atlantique Sud.

Figure 4. Estimations des débarquements historiques de makaire bleu provenant des pêcheries opérant sous DCP dans la zone de la Martinique et Guadeloupe (1985-2009).

Figure 5. Estimations des débarquements historiques de makaire bleu provenant des pêcheries opérant sous DCP dans la zone de la Martinique et Guadeloupe dans l'Atlantique Nord (1985-2009).

Figure 6. Diagrammes de densité des remises à l'eau de makaires bleus porteurs de marques conventionnelles par carrés de 5°x5° pour toutes les années.

Figure 7. Diagramme de densité des récupérations de makaires bleus porteurs de marques conventionnelles par carrés de 5°x5° pour toutes les années.

Figure 8. Prises totales de makaire blanc avec rejets vivants et morts entre 1956 et 2010.

Figure 9. Prises totales de makaire blanc avec rejets vivants et morts entre 1956 et 2010 pour le stock de l'Atlantique Nord.

Figure 10. Prises totales de makaire blanc avec rejets vivants et morts entre 1956 et 2010 pour le stock de l'Atlantique Sud.

Figure 11. Taille moyenne annuelle, longueur maxillaire inférieur fourche (LJFL) en cm de makaires blancs observés dans diverses pêcheries palangrières (LL) (a) et dans des pêcheries de filets maillants (GN) et sportives (SP) des Etats-Unis (b).

Figure 12. Histogrammes de fréquence des tailles du makaire blanc (LJFL cm), combinées dans toutes les pêcheries et déclarées entre 2000 et 2009.

Figure 13. Histogrammes de fréquence des tailles du makaire blanc (LJFL cm), combinées dans le temps et déclarées pour les deux engins les plus dominants en termes de capture.

Figure 14. Histogrammes de fréquence des tailles du makaire blanc (LJFL cm), combinées dans le temps et déclarées pour les pêcheries de pavillon palangrières (LL), de filets maillants (GN), et sportives (SP) qui comprennent la vaste proportion des captures de makaire blanc.

Figure 15. Probabilité cumulative annuelle des distributions des tailles du makaire blanc (LJFL) déclarées par la pêcherie sportive des Etats-Unis et plusieurs pêcheries palangrières à grande échelle (LL).

Figure 16. Probabilité cumulative annuelle des distributions des tailles du makaire blanc (LJFL) déclarées par plusieurs pêcheries aux filets maillants (GN).

Figure 17. Diagramme de densité des récupérations de makaires blancs porteurs de marques conventionnelles par carrés de 5°x5°.

Figure 18. Diagramme de densité des récupérations de makaires blancs porteurs de marques conventionnelles par zones de carrés de 5°x5°.

Figure 19. Relation entre la mortalité naturelle (M) et la longévité (âge).

Figure 20. Indices d'abondance utilisés dans l'évaluation du stock de makaire bleu en 2011. A des fins graphiques, les indices ont été échelonnés à leur valeur moyenne respective pour la période 1993-2004.

Figure 21. Indices combinés de la CPUE standardisée du makaire bleu estimés à l'aide d'une pondération égale pour toutes les séries de CPUE (EQW), en pondérant les séries de CPUE par zone (ARW) et par capture (CAW).

Figure 22. Indices d'abondance du makaire blanc présentés pendant la réunion. A des fins graphiques, les indices ont été échelonnés à leur valeur moyenne respective pour la période 1990-2010.

Figure 23. Scénario de faible productivité : (en haut) indices de CPUE prédite (ligne bleue continue) et CPUE observée échelonnés selon la capturabilité estimée pour chaque indice. La taille des symboles est proportionnelle aux pondérations qui leur avaient été assignées dans l'ajustement d'ASPIC. Les pondérations de chaque indice étaient

proportionnelles à la zone occupée par chaque pêcherie. (panneau inférieur) Tendances temporelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} avec des centiles de 80% sur la base de 1.000 bootstraps avec ASPIC.

Figure 24. Scénario de forte productivité : (panneau supérieur) indices de CPUE prédite (ligne bleue continue) et CPUE observée échelonnés selon la capturabilité estimée pour chaque indice. La taille des symboles est proportionnelle aux pondérations qui leur avaient été assignées dans l'ajustement d'ASPIC. Les pondérations de chaque indice étaient proportionnelles à la zone occupée par chaque pêcherie. (panneau inférieur) Tendances temporelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} avec des centiles de 80% sur la base de 1.000 bootstraps avec ASPIC.

Figure 25. Croissance estimée par sexe (panneau supérieur). (panneau inférieur) pourcentage de maturité par taille (ligne verte) et sex-ratio (pourcentage de femelles) observé et ajusté par taille.

Figure 26. Ajustement à la série temporelle de la CPUE utilisée dans le modèle pleinement intégré.

Figure 27. Valeurs résiduelles de Pearson pour ajuster aux données de taille (colonne gauche) et sélectivités estimées (colonne droite) pour les trois engins avec les données de taille.

Figure 28. Ajustement à la fraction de rejets estimée de la flottille sportive des Etats-Unis.

Figure 29. Tendances estimées de la biomasse reproductrice avec des intervalles de confiance de 95% provenant du modèle pleinement intégré.

Figure 30. Tendances estimées du recrutement avec des intervalles de confiance de 95% provenant du modèle pleinement intégré.

Figure 31. Fonction stock-recrutement estimée à partir du modèle complètement intégré.

Figure 32. Déviation du recrutement annuel estimée à partir de la relation stock-recrutement.

Figure 33. Tendances estimées de B/B_{PME} et F/F_{PME} à partir du modèle pleinement intégré.

Figure 34. Résultats des scénarios de MCMC pour B/B_{PME} (en haut) et F/F_{PME} (en bas) pour 2009.

Figure 35. Diagrammes de phase de Kobe à partir du cas de base du modèle pleinement intégré.

Figure 36. Estimations de F/F_{PME} pour les scénarios de sensibilité.

Figure 37. Estimations de B/B_{PME} pour les scénarios de sensibilité.

Figure 38. Tendances des ratios de F/F_{PME} et SSB/SSB_{PME} pour le makaire bleu à partir du cas de base du modèle (SS3). Les lignes en continu représentent la médiane des scénarios de MCMC, et les lignes interrompues représentent les centiles de 10% et 90% respectivement.

Figure 39. Tendances des ratios F/F_{PME} en fonction de différents scénarios de projections de prise constante (TAC en tonnes) de makaire bleu à partir du cas de base du modèle. Les projections commencent en 2010, pour 2010/11, une prise de 3.341 t a été postulée.

Figure 40. Tendances des ratios de SSB/SSB_{PME} en fonction de différents scénarios de projections de prise constante (TAC en tonnes) de makaire bleu à partir du cas de base du modèle. Les projections commencent en 2010, pour 2010/11, une prise de 3.341 t a été postulée.

Figure 41. Diagramme de phase pour le makaire bleu à partir du cas de base du modèle dans l'année finale (2009) du modèle d'évaluation. Les points individuels représentent les itérations du MCMC, les losanges la médiane des séries. Les cercles bleus avec une ligne représentent la tendance historique de la médiane F/F_{PME} par opposition à SSB/SSB_{PME} pour 1965-2008.

Figure 42. Probabilités de se trouver dans les quadrants de la Figure 41. A partir du panneau supérieur droit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre : le premier panneau résume par année et TAC la probabilité que le stock soit surpêché ($SSB < SSB_{PME}$) ; le deuxième panneau indique la probabilité que la surpêche se produise ($F > F_{PME}$) et la troisième figure est la matrice de stratégie de Kobe (K2SM) montrant la probabilité que le stock soit à la fois surpêché et fasse l'objet d'une surpêche. Le dernier panneau montre la même information que la K2SM mais avec des TAC comme lignes et des probabilités en ordonnées.

Figure 43. Diagrammes de phase de Kobe. Les points montrent les réalisations individuelles à partir de plusieurs modèles évalués. Les points bleus foncés sont les résultats du MCMC à partir du cas de base du modèle SS3, les points bleus clairs représentent les résultats par bootstrap des modèles de production excédentaire (ASPIC) selon différents postulats de productivité du stock. La ligne représente la tendance de la médiane de F/F_{PME} par opposition à SSB/SSB_{PME} à partir du cas de base du modèle.