

Délégation IFREMER océan Indien Station de La Réunion

Département Halieutique Méditerranéen et Tropical
Laboratoire Ressources Halieutiques de la Réunion (RH)

Jérôme BOURJEA
Sarah LE COULS
Delphine MUTHS
Hugues EVANO

Rapport Ifremer RST. Délégation Réunion/2010-01

IOSSS – ESPADON ETUDE DE LA STRUCTURE DU STOCK D'ESPADON DE L'OCEAN INDIEN : SYNTHÈSE DE LA PREMIÈRE ANNEE

Période novembre 2008 – décembre 2009

Rapport Intermédiaire

Mars 2010

Document élaboré dans le cadre du projet IOSSS-ESPADON



Mesure n°3.6 du volet Réunion du P.P FEP 2007-2013
Convention n°DAE4/20090164

Abstract :

Based on genetic and biological dynamic approaches, the main objective of the IOSSS-ESPADON project (2009-2011) is to study the biology and the stock structure of the Swordfish (*Xiphias gladius*) in the Indian Ocean and the bordering oceans (South East Atlantic and West Pacific). The results of this project will greatly contribute to a better stock assessment of this species that is undertaken by fisheries management commissions, mainly the IOTC.

The first year of the project was dedicated to finalize the sampling strategy, to elaborate the associated protocols and to implement a large balanced sampling scheme organised around a stratified spatio – temporal effort (2 sampling seasons: April – June and October – December) in the whole Indian Ocean. Based on a cooperative approach, a sampling network composed of 7 national and international partners, the IOSSS-ESPADON project allowed collecting 2365 swordfish length, 1100 genetics samples, 391 isotopes samples, 950 gonads for sex and maturity stages identification, 269 stomachs contents and 324 otoliths for chemical analysis. This first year also allowed to

- (i) create new cooperation's for 2010 in order to cover strategic sampling area for stock discrimination not already sampled in 2009
- (ii) create a database associated to a data quality management process
- (iii) Develop a microsatellite library of 18 new microsatellites that will be used in the genetic stock structure approach.

The second year (2010) of the project has the objective to follow up the sampling strategy at the Indian Ocean scale and to undertake the analysis of the data collected in 2009. At the end of this second year, a first global analysis should be processed for each component of the project: the genetic, the isotope and the reproductive dynamic ones. The last year of the project (2011) will allow processing a multivariate analysis of the data collected along the IOSSS-ESPADON project.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ANNEE 2009 | 6 |
| 2. RAPPEL SUR L'ETAT DES STOCKS D'ESPADON DANS LE MONDE | 7 |
| 2.1. RAPPEL DES NOTIONS D'EVALUATION DE STOCKS | 7 |
| 2.2. SYNTHESE SUR LES 3 OCEANS | 8 |
| 2.3. BILAN DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LES POISSONS PORTE-EPEE CTOI 2009 | 11 |
| 3. LES PARTENAIRES DU PROJET IOSSS | 12 |
| 3.1. PARTENAIRES NATIONAUX | 12 |
| 3.2. PARTENAIRES INTERNATIONAUX | 13 |
| 4. ETAT D'AVANCEMENT DE L'ECHANTILLONNAGE 2009 | 15 |
| 4.1. RAPPEL DE L'ORGANISATION DE L'ECHANTILLONNAGE | 15 |
| 4.2. BILAN GLOBAL DE LA SAISON D'ECHANTILLONNAGE 2009 | 16 |
| 4.2.1. ECHANTILLONNAGE D'ESPADONS | 16 |
| 4.2.2. ECHANTILLONNAGE D'AUTRES ESPECES | 20 |
| 4.3. DETAIL DES ACTIONS D'ECHANTILLONNAGE MENEES PAR LA DELEGATION IFREMER REUNION | 20 |
| 4.3.1. CAMPAGNES PROFESSIONNELLES | 20 |
| 4.3.2. LES CAMPAGNES SCIENTIFIQUES SPECIFIQUES | 21 |
| 5. LE STOCKAGE DES DONNEES COLLECTEES | 24 |
| 5.1. LA BASE DE DONNEES IOSSS | 24 |
| 5.2. LA VALIDATION DES DONNEES | 25 |
| 6. LE VOLET GENETIQUE | 26 |
| 6.1. DEVELOPPEMENT DE LA BANQUE MICROSATELLITE | 26 |
| 6.2. ETAT D'AVANCEMENT DES ANALYSES GENETIQUES | 26 |
| 6.3. MISE EN PLACE D'UNE DEMARCHE QUALITE | 26 |
| 7. LE VOLET BIOLOGIQUE | 28 |
| 7.1. BIOMETRIE, SEXE RATIO ET MATURITE SEXUELLE | 28 |
| 7.1.1. TAILLE | 28 |
| 7.1.2. SEXE RATIO | 30 |
| 7.1.3. STADES DE MATURITES | 32 |
| 7.2. LES AUTRES PRELEVEMENTS | 35 |
| 7.2.1. VOLET OTOLITHES (PORTEUR POTENTIEL SCIENTIFIQUE : CSIRO) | 35 |
| 7.2.2. VOLET DYNAMIQUE TROPHIQUE: (PORTEUR SCIENTIFIQUE : IRD) | 35 |
| 7.2.3. VOLET PARASITES : | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 8. OBJECTIFS 2010 | 39 |
| 8.1. ECHANTILLONNAGE / PLANNING PREVISIONNEL | 39 |
| 8.2. ANALYSES DES ECHANTILLONS ET TRAITEMENT DES RESULTATS | 42 |
| BIBLIOGRAPHIE | 43 |

1. Contexte et objectifs de l'année 2009

L'espadon (*Xiphias gladius*) fait partie des espèces de poisson à rostre les plus exploitées par les pêcheries. Par exemple pour l'océan Indien, l'espadon est une ressource marine à haute valeur commerciale aussi bien pour la consommation locale que pour l'export vers les pays d'Europe et d'Asie. En 2007, plus de 30 000 tonnes d'espadons ont été pêchées dans cet océan, essentiellement à la palangre dérivante (95%) et au filet dérivant (5%) (IOTC, 2009a). De la même manière, sur la base des déclarations de captures des navires de pêche et une estimation des captures des pêcheries Illégales Non déclarées et Non règlementées (INN), on estime pour l'année 2007 qu'environ 27 000 tonnes d'espadons ont été pêchées dans l'Atlantique, 15 000 tonnes en Méditerranée et quelques 26 000 tonnes dans le Pacifique. Au total, c'est donc presque 100 000 tonnes d'espadons qui ont été capturés dans le monde en 2007.

Même si le tonnage de cette espèce est insignifiant au regard du volume et du poids économique des captures des thons dans ces mêmes océans, cette ressource n'en reste pas moins fragile et soumise à une pression toujours plus forte de la pêche artisanale, semi industrielle et industrielle.

Dans le cas de l'espadon dans l'océan Indien, le Groupe de Travail « Poissons Porte-Epée » (GTPE) de la Commission des Thons de l'Océan Indien (CTOI¹) a conclu que le niveau de pêche en 2007 (environ 30 000 tonnes) était proche du niveau maximum soutenable. Cependant, il a également conclu que (1) la qualité/quantité des données de pêche fournies, (2) le manque d'informations sur la biologie de l'espèce et (3) la méconnaissance de la structure du stock à l'échelle de l'océan Indien ne permettent pas d'obtenir des évaluations de stock fiables pour cette espèce. Le GTPE a ainsi clairement recommandé aux scientifiques de contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique reproductive et de la structure du stock de ce grand pélagique dans l'océan Indien.

C'est dans ce contexte que le Projet IOSSS – Espadon (Structure du stock d'espadon de l'océan Indien) a démarré. L'objectif principal du projet est d'étudier la biologie et la structure du stock d'espadon dans l'ensemble de l'océan Indien et les secteurs proches de ses océans voisins (sud-est Atlantique et sud-ouest Pacifique) en se basant sur une approche génétique et sur la dynamique reproductive. L'objectif final de ce projet est de fournir des éléments supplémentaires aux commissions de gestion pour améliorer la qualité des évaluations de stock de cette espèce, et ainsi contribuer à son exploitation durable.

Objectifs IOSSS – ESPADON sur l'année 2009

- 1- Synthétiser les connaissances sur l'état des stocks d'espadon et leur gestion dans le monde
- 2- Concrétiser les partenariats manquants, transférer les protocoles afin d'assurer un échantillonnage homogène
- 3- Réaliser la première année de l'échantillonnage des espadons dans l'océan Indien
- 4- Créer un système de bancarisation des données collectées associé à un système qualité
- 5- Développer les marqueurs génétiques nécessaires à l'analyse des échantillons

Le présent rapport fait état du bilan de la première année du programme IOSSS-ESPADON s'étalant sur la période du 11 novembre 2008 au 31 décembre 2009. Ce rapport **intermédiaire n'a pas pour objectif de tirer des conclusions préliminaires** des premières données collectées et analysées durant cette année car les données obtenues à ce stade ne le permettent pas. L'objet du document est de **faire un état des lieux de la première année d'échantillonnage, véritable épine dorsale du projet, et de la qualité des données associées.**

Une première analyse globale des échantillons sera réalisée pour la réunion du groupe de travail des poissons porte épée de la CTOI qui se tiendra en juillet 2010 aux Seychelles.

¹ CTOI ou IOTC (Indian Ocean Tuna Commission - IOTC) est une organisation intergouvernementale regroupant 28 pays et mandatée pour gérer les thons et les thonidés dans l'océan Indien et les zones adjacentes.

2. Rappel sur l'état des stocks d'espadon dans le monde

Dans le cadre du projet IOSSS, une revue bibliographique de l'état des stocks d'espadon a été réalisée en 2009 (Le Couls, Bourjea, 2010). Ce document est disponible et consultable à l'IFREMER ou téléchargeable sur Internet (http://wwwz.ifremer.fr/lareunion/les_projets/iosss_espadon)

Cette étude a eu pour objectif de synthétiser les mesures de gestion mises en place sur l'espadon dans les 3 grands océans en fonction de leur niveau d'exploitation.

2.1. Rappel des notions d'évaluation de stocks

La biomasse (B) se réfère à l'abondance du stock en unités de poids. Elle peut parfois faire référence à une partie seulement du stock (biomasse reproductrice, biomasse exploitable) mais cette distinction n'est pas toujours précisée (ICCAT, 2006-2009). B_{2007} correspond à l'abondance du stock estimée pour l'année 2007.

La Mortalité par pêche (F) correspond à un terme technique qui décrit la **proportion de poissons disponibles ayant été pêchés pendant une unité de temps** (Bonzon, Cochrane, 1997). F_{2007} correspond à la mortalité par pêche mesurée ou estimée pour l'année 2007.

La Production Maximale Equilibrée (PME) correspond au **niveau de capture moyen le plus élevé pouvant être prélevé à long terme sur un stock** (ICCAT, 2006-2009) et sans qu'il y est pour autant un impact significatif sur le stock. La PME suppose que la production nette d'un stock augmente à mesure que la biomasse du stock s'accroît jusqu'à atteindre un maximum (figure 1) dont le niveau de biomasse correspond à la **Biomasse de la PME (B_{PME})**. Le taux de mortalité par pêche permettant d'atteindre la biomasse de la PME est nommé F_{PME} .

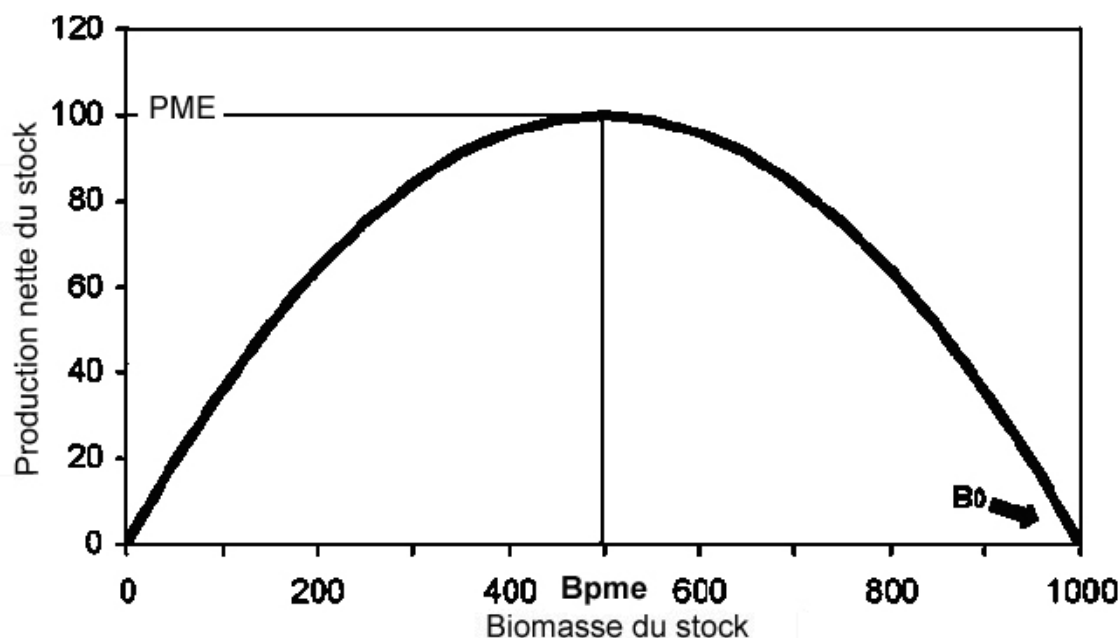


Figure 1 : Production nette d'un stock théorique en fonction de sa biomasse (Cochrane, Kevern, 2005).

La PME est souvent considérée par les gestionnaires de stock comme la valeur cible idéale d'un stock permettant son exploitation optimale.

Les ratios annuels B_{2007}/B_{PME} et F_{2007}/F_{PME} , respectivement appelés biomasse relative et mortalité relative, permettent d'obtenir un indicateur de l'état du stock qui peut être présenté sous la forme d'un diagramme appelé « diagramme de Kobe » (figure 2). Il a été convenu lors de la dernière réunion conjointe des commissions de gestion des pêches thonières qui s'est tenue en 2009 à Saint-Sébastien, que les futurs résultats des évaluations de stocks des commissions devraient être présentés sous la forme du Diagramme de Kobe.

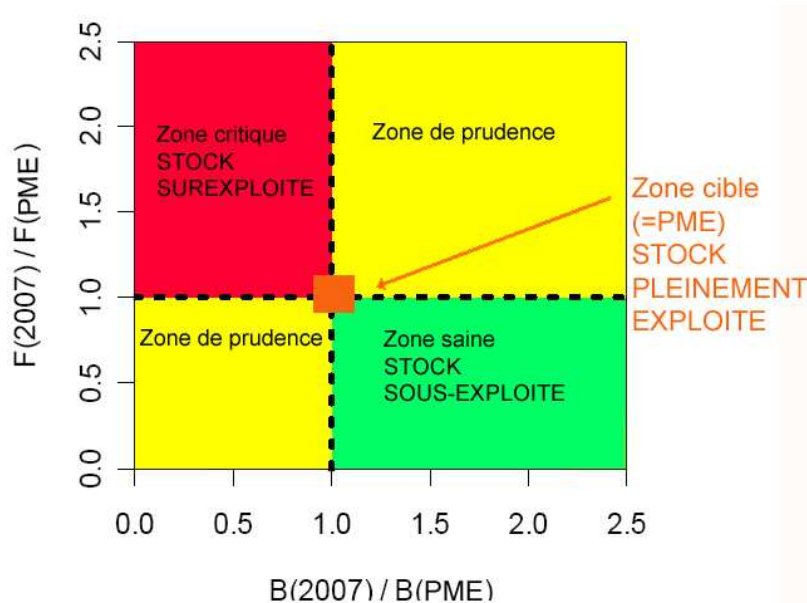


Figure 2 : diagramme de Kobe

2.2. Synthèse sur les 3 océans

Afin de mieux gérer l'exploitation des stocks de grands pélagiques tels que les espadons, des commissions internationales ont été créées pour la conservation et la gestion des stocks de poissons dit « grands migrateurs » et considérés comme chevauchant des Zones Economiques Exclusives de plusieurs pays à la fois. Elles ont généralement pour objectif de promouvoir la coopération entre leurs membres en vue d'assurer, grâce à une gestion appropriée, la conservation et l'utilisation optimale des stocks de grands pélagiques et de favoriser le développement durable de leur exploitation.

Ces commissions exercent leurs compétences sur des zones définies et ont entre autre la responsabilité de mener les évaluations de stocks des espèces concernées. Ces évaluations se basent (1) sur les statistiques de pêche de chaque pays membre, (2) sur les connaissances des techniques et stratégies de pêche utilisées et (3) sur les connaissances biologiques, écologiques et éthologiques de ces espèces.

Dans les 3 océans de la planète, 4 grandes commissions sont en charge de la gestion des grands pélagiques :

- La *Commission des Thons de l'Océan Indien* (CTOI / IOTC), exerçant dans l'Océan Indien
- La *Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique* (CICTA / ICCAT) exerçant dans l'océan Atlantique et la Méditerranée
- La *Commission Interaméricaine des Thons Tropicaux* (CITT / IATTC), exerçant dans la Pacifique Est
- La *West and Central Pacific Fisheries Commission* (WCPFC), exerçant dans le Pacifique Ouest

Chacune de ces commissions internationales réunit périodiquement des groupes de travail d'experts pour évaluer l'état d'exploitation des ressources halieutiques en grands pélagiques. Ces groupes de

travail ont pour objectifs de compiler et traiter les données existantes sur les niveaux d'exploitation des ressources et d'élaborer des recommandations scientifiques pour atteindre l'objectif final d'exploitation durable des ressources. Ces recommandations sont ensuite utilisées par les gestionnaires pour mettre en place, en accord avec l'ensemble des pays signataires, un plan de gestion de l'exploitation de la ressource.

Des groupes de travail dans tous les océans se réunissent donc périodiquement pour évaluer les stocks d'espadon. Le tableau 1 ci-dessous présente le bilan de l'état des ressources en espadon dans les trois océans du monde ainsi que les mesures de gestion qui sont mises en place pour chaque stock.

| Océan | région | Gestion | Captures (2007) | Dernière Evaluation du stock | PME | B/Bpme | F/Fpme | Etat du stock | Mesures de gestion | Référence | Remarques |
|---------------|--------------------|---------|------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|--|--------------------------------------|---|
| O. Atlantique | Méditerranée | CICTA | 14 227 t | 2007 | 14 250 à 15 500 t | 0,26-0,87 (2005) | 1,3 (0,6-2,5) (2005) | Stock en surexploitation | - Interdiction des filets dérivants (Rec ICCAT 03-04) - Fermeture de la pêche dans l'ensemble de la méditerranée un mois en 2008 et 2 mois en 2009 (Rec ICCAT 08-03) - Nombreuses mesures locales de fermeture de zone et limitation de tailles de captures. | (ICCAT, 2008; ICCAT, 2009a) | Le comité scientifique de la CICTA recommande l'instauration d'un plan de restauration du stock Méditerranée. |
| | Nord | CICTA | 12 133 t | 2009 | 13 730 t (13 020 - 14 182 t) | 1,05 (0,94-1,24) (2008) | 0,76 (0,67-0,96) (2008) | Stock rétabli proche de la pleine exploitation | - TAC de 14000t de 2003 à 2009 (Rec ICCAT 06-02) - Taille minimale 119/125 cm LMF (ICCAT 95-10) | (ICCAT, 2009a; ICCAT, 2009c) | Le Comité scientifique recommande un TAC de 13 700 t. |
| | Sud | CICTA | 15 639 t | 2009 | ?15 000 t | Probablement >1 | Probablement <1 | Données insuffisantes Stock probablement en sous exploitation | -TAC de 17000t de 2007 à 2009 (Rec ICCAT 06-03) - Taille minimale 119/125 cm LMF (ICCAT 95-10) | | Le comité scientifique recommande des captures < 15 000 tonnes. |
| O. Pacifique | Sud-ouest | WCPFC | 1 919 t | 2009 | 2 381 t (1 722-4 119) | 1,57 (1,22 - 2,06) (2007) | 0,44 (0,18 -0,67) (2007) | Stock en sous exploitation | -Limitation du nombre de bateau ciblant l'espadon au sud de 20°S (WCPFC Conservation and Management Measure 2008-05) - Limitation des captures au sud de 20° (SWCPFC CMM 2008-05) | (Kolody et al., 2009) | |
| | Sud-central | WCPFC | 4 201 t | 2009 | Non déterminé | Non déterminé | Non déterminé | Données insuffisantes pour conclure, pas d'indice de surexploitation | | | |
| | Nord-ouest-central | WCPFC | ?10 000t (2006) | 2009 | 14 400 t (12 400 - 16 400 t) | > 1 (2006) | <1 (2006) | Stock en sous exploitation | Aucune | (ISC, 2009a; ISC, 2009b) | Probabilité de 99% que le stock ne soit pas surexploité |
| | Sud-est | IATTC | ? 6 000 t | 2005 | 13,000-14,000 t | Probablement >1 | ? 1 | Stock proche de la pleine exploitation | Aucune | (Hinton, Maunder, 2006; IATTC, 2009) | |
| | Nord-est | IATTC | ? 1 800 t (2006) | 2009 | 3 100 t (1 700 - 4 500 t) | > 1 (2006) | <1 (2006) | Stock en sous exploitation | Pas de mesure de gestion | (ISC, 2009a; ISC, 2009b) | Probabilité de 99% que le stock ne soit pas surexploité |
| O. Indien | | CTOI | 29 900 t | 2009 | 32 000 à 34000t | 1,31 (1,13 - 1,31) (2007) | 0,79 (0,58-0,84) (2007) | Stock en pleine exploitation (possible sur-exploitation locale) | Pas de mesure de gestion | (IOTC, 2009a; IOTC, 2009b) | Possible déplétion locale du stock d'espadon dans le sud et nord ouest de l'océan Indien |

Tableau 1 : Synthèse de l'état des stocks d'espadon et des mesures de gestion mises en place dans les 3 océans de la planète

2.3. Bilan du groupe de travail sur les poissons Porte-Epée CTOI 2009

La dernière évaluation du stock d'espadon de l'océan Indien a été réalisée par le groupe de travail de la CTOI sur les poissons porte-épée (GTPE) en juillet 2009 (IOTC, 2009a). De nombreux modèles ont été utilisés pour cette évaluation (ASPIC, ASPM, ASIA, SS3, Figure 3). Compte tenu de l'hétérogénéité des données disponibles par zone, date, flotte, le GTPE a recommandé de continuer l'exploitation de ces différents modèles pour l'évaluation du stock d'espadon dans les années à venir.

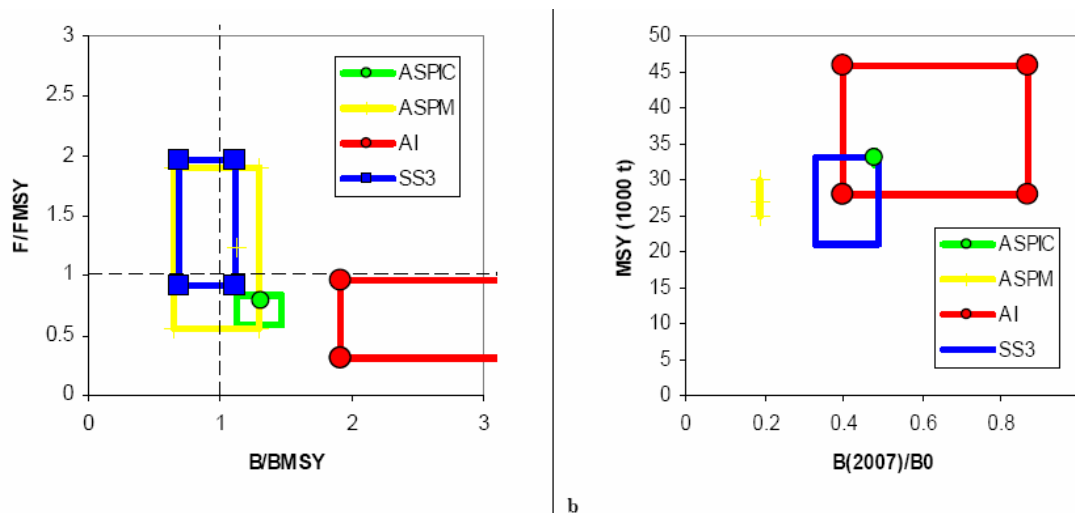


Figure 3 : comparaison des points de référence ((a) mortalité par pêche relative et biomasse relative ; (b) PME et ratio entre la biomasse de 2007 et la biomasse vierge) fournis par les modèles ASPIC, ASPM, AI, SS (IOTC, 2009a).

Le niveau de capture actuel est probablement proche de la Production Maximale Equilibrée (PME), suggérant un stock en pleine exploitation et les principales conclusions de ces modèles sont :

ETAT DU STOCK D'ESPADON DE L'OCEAN INDIEN

ANNEE DE L'EVALUATION : 2009
 CAPTURE TOTALE 2007 : 29 900 t
 DERNIERE ANNEE PRISE EN CONSIDERATION : 2007
 PME = 33 000 t (32 000 à 34 000 t)
 B_{2007}/B_{PME} probablement : 1.31 (1.13 – 1.31)
 $F_{2007}/F_{PME} \approx 0.79$ (0.58 – 0.84)

Ces données sont présentées ici à titre indicatif, et sont une compilation des différents modèles utilisés.

Cependant, une grande incertitude persiste sur la structure du stock d'espadon de l'océan Indien, avec notamment des évolutions des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) et des niveaux de capture différents en fonction des zones. Le GTPE a **mis en évidence une possible surexploitation du stock d'espadon dans le nord-ouest et le sud-ouest de l'océan Indien.**

Un document détaillé est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion (Bourjea *et al.*, 2009) ou téléchargeable sur Internet (http://www.ifremer.fr/lareunion/les_projets/ioss_espadon)

3. Les partenaires du projet IOSSS

La réussite d'un projet mené à l'échelle de l'ensemble de l'océan Indien impose la mise en place de partenariats durables et fiables dans le temps. Le projet IOSSS – ESPADON a débuté en novembre 2008 sans que tous les partenariats aient été concrétisés. Un des objectifs de l'année 2009 a été de finaliser ces coopérations et de fournir une assistance aux pays partenaires pour favoriser une **collecte homogène et standardisée des échantillons dans l'ensemble de l'océan Indien** et les secteurs proches des océans adjacents. Ces partenaires interviennent essentiellement dans les phases de collecte d'échantillons mais deux d'entre eux contribuent aux aspects scientifiques. Au terme de cette première année, le projet compte 7 partenaires, dont 5 internationaux.

3.1. Partenaires Nationaux

La Réunion depuis novembre 2008 : la Délégation IFREMER Réunion

 Ifremer

La Délégation IFREMER Réunion est à l'initiative du projet IOSSS-ESPADON. C'est elle qui mène et coordonne le projet dans sa globalité. Ses responsabilités de maître d'ouvrage sont les suivantes :

- La recherche des partenaires intervenant lors des phases d'échantillonnage ou sur des composantes scientifiques du projet et la définition des termes de ces partenariats qui peuvent être contractualisés si nécessaire.
- La coordination des actions des différents partenaires lors des phases d'échantillonnage ou d'analyses des échantillons.
- L'échantillonnage des zones « Réunion », « sud Madagascar » et « est Réunion » par la mise en place de campagnes d'échantillonnages scientifiques ou à bord de navires professionnels.
- La réalisation des volets « génétique » et « reproduction » du projet.

La Réunion et métropole depuis Novembre 2008 : IRD



L'**institut de Recherche pour le Développement (IRD)** intervient dans le projet IOSSS – ESPADON à 2 niveaux :

- la collecte d'échantillons par le biais de son Programme Observateur Palangre Réunionnais (*SEALOR*) ainsi que lors des campagnes à la mer mises en place dans le canal du Mozambique dans le cadre du projet SWIOFP.
- La responsabilité du volet « comportement trophique » du projet IOSSS – ESPADON (contenus stomacaux et analyses isotopiques).

Mayotte depuis septembre 2009 : MAYSHARK



et S.L. Sarl

MAYSHARK est une association mahoraise de recherche sur les requins de l'Océan Indien. Ce groupe de recherche a pour objectif de contribuer à la connaissance des populations de requins et de raies de Mayotte et du Canal de Mozambique, à leur conservation et à leur valorisation. Dans le cadre de ses échantillonnages, MAYSHARK travaille avec une société privée (S.L. Sarl) menée par Sébastien Labart, capitaine de pêche sur un palangrier à Mayotte.

En accord avec S.L. Sarl, MAYSHARK a proposé au projet IOSSS – ESPADON de profiter de ses propres campagnes d'échantillonnage pour collecter des échantillons d'espadon. Le rôle de MAYSHARK et S.L. Sarl dans le projet est donc d'assurer l'échantillonnage d'espadons dans la ZEE de Mayotte, au nord du canal du Mozambique. Ils collectent sur chaque espadon un échantillon de tissu pour la génétique, réalisent les mensurations standards, notent le sexe et évaluent le stade de maturité sexuelle.

3.2. Partenaires Internationaux

Afrique du Sud depuis Juin 2009 : CAP FISH



Cap Fish est une **entreprise privée** qui gère le réseau d'observateurs de l'Afrique du sud. Ses observateurs sont en activité sur toutes les flottilles semi industrielles ou industrielles évoluant dans les ZEE de l'Afrique du Sud.

Son rôle dans le projet IOSSS – ESPADON est d'assurer la collecte d'échantillons d'espadons par le biais des observateurs embarqués sur les palangriers sud africains ciblant les espadons et les palangriers taiwanais ciblant les thons. Cap Fish assure la couverture d'échantillonnage de la zone sud-est Atlantique et sud-ouest océan Indien. De part leur formation, les observateurs collectent pour chaque espadon un échantillon de tissu pour la génétique, réalisent les mensurations standards, notent le sexe et évaluent le stade de maturité sexuelle. Chaque individu collecté est géo-référencé directement à bord.

Thaïlande depuis Novembre 2008 : AFRDEC



L'Andaman Sea Fisheries Research and Development Center (AFRDEC) est l'**organisme étatique** en charge du suivi et du développement des pêcheries thaïlandaises. Basé à Phuket, il est entre autre en charge du suivi des pêcheries palangrières débarquant au port de Phuket.

Son rôle dans le projet IOSSS – ESPADON est d'assurer la collecte d'échantillons d'espadons capturés dans la mer d'Adaman. N'ayant pas de personnel habilité à embarquer sur des navires professionnels, l'AFRDEC assure l'échantillonnage à la débarque des navires et identifie le plus précisément possible les zones de capture grâce au logbook. L'institut collectera pour chaque espadon un échantillon de tissu pour la génétique et réalisera les mensurations standards en 2010.

Sri Lanka depuis septembre 2009 : APOLLO-MARINE



APOLLO-MARINE est une **entreprise privée** qui exporte du poisson (principalement du thon et de l'espadon) vers l'Angleterre, la France, l'Espagne et le Japon et qui est pêché par une flottille palangrière basée au Sri Lanka. L'entreprise possède 8 palangriers hauturiers qui alimentent son usine. Outre les intérêts personnels du directeur, l'entreprise a bien compris avec l'exemple du thon rouge de Méditerranée, l'importance de connaître la structure du stock d'espadon pour une meilleure gestion des ressources halieutiques. Son rôle dans le projet IOSSS – ESPADON est d'assurer la collecte d'échantillons d'espadon évoluant au large des côtes Sri Lankaises.

La contribution de APOLLO-MARINE est volontaire au projet. L'entreprise met à disposition son personnel pour la collecte de tout type d'échantillon. Son personnel (à terre et embarqué) collecte sur chaque espadon un échantillon de tissu pour la génétique et les analyses isotopiques, les mensurations standards, le sexe, le stade de maturité, et extrait les otolithes.

Compte tenu de l'appui que APOLLO-MARINE a proposé au projet, la Délégation IFREMER Réunion a mis en place une mission de formation du personnel en septembre 2009. Cette mission a eu pour objectif de standardiser les protocoles de collecte, incluant une formation spécifique pour extraire les otolithes. Un compte-rendu détaillé de cette mission est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion (Evano, 2009a).

Australie depuis novembre 2008 : CSIRO



Le CSIRO est un **institut de recherche** australien. Son rôle dans le projet IOSSS – ESPADON est double :

- assurer l'échantillonnage d'espadons via ses programmes observateurs en activité en Indonésie, sur les côtes ouest (océan Indien) et nord-est (océan Pacifique) australiennes, ainsi qu'en Mer de Corail, au nord. Le type d'échantillon collecté est variable en fonction de la zone.
- développer en collaboration avec la Délégation IFREMER Réunion une banque microsattellites sur l'espadon afin d'assurer les analyses génétiques.

Seychelles depuis Novembre 2008 : SFA



La Seychelles Fishing Authority (SFA) est le **service des pêches** des Seychelles. C'est un partenaire historique de la Délégation IFREMER Réunion. Ces deux instituts sont liés par une convention cadre. Son rôle dans le projet IOSSS – ESPADON est d'assurer l'échantillonnage des espadons sur le plateau des Seychelles. La Délégation IFREMER Réunion a réalisé la formation des techniciens de la SFA en février 2009 afin d'assurer la standardisation des protocoles de collecte d'échantillons pour le projet. Le compte-rendu de cette mission est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion (Bourjea, 2009).

Son rôle dans le projet IOSSS – ESPADON était d'assurer la collecte d'échantillons d'espadons par le biais de ses techniciens formés par la Délégation IFREMER Réunion et embarqués à bord des palangriers Seychellois. Cependant, à cause de l'activité des pirates dans la zone des Seychelles, l'Etat Seychellois a interdit les embarquements des scientifiques et techniciens à bord de navires professionnels, stoppant la collecte d'échantillons en 2009. La zone des Seychelles étant primordiale pour le projet IOSSS – ESPADON, la Délégation IFREMER Réunion et la SFA ont mis en place une nouvelle stratégie d'échantillonnage à la débarque des palangriers. Cette stratégie devrait permettre de collecter sur chaque espadon un échantillon de tissu pour la génétique et les analyses isotopiques, de réaliser les mensurations standards, et de noter le sexe et le stade de maturité. Ce protocole a été mis en place en décembre 2009 suite à une mission de la Délégation IFREMER Réunion aux Seychelles, dont le compte-rendu détaillé est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion (Le Couls, 2009a).

4. Etat d'avancement de l'échantillonnage 2009

4.1. Rappel de l'organisation de l'échantillonnage

L'échantillonnage 2009 du projet IOSSS-Espadon a été coordonné par la délégation IFREMER Réunion en collaboration avec ses **7 partenaires** localisés dans l'océan Indien. Les stratégies d'échantillonnage ont été définies avec chacun des partenaires selon les moyens et les possibilités locales. Trois types de stratégies d'échantillonnage ont été mis en place :

- (i) **À la débarque** (AFRDEC, Apollo Marine, SFA).
- (ii) Lors de **campagnes professionnelles** (Capfish, CSIRO, SL Sarl, IRD Réunion, Délégation IFREMER Réunion), par le biais d'observateurs embarqués à bord de navires de pêche professionnels qui collectent les données et les échantillons.
- (iii) Lors de **campagnes scientifiques spécifiques** (Délégation IFREMER Réunion, AFRDEC via le SEAFDEC ; IRD), par le biais de missions en mer spécialement dédiées à ce projet ou à d'autres projets scientifiques. Dans ce cadre, des campagnes scientifiques consacrées à l'échantillonnage d'espadons pour IOSSS ont été conduites par la Délégation IFREMER Réunion dans la zone sud-ouest de l'océan Indien.

Les campagnes professionnelles et scientifiques spécifiques menées par la Délégation IFREMER Réunion ont aussi été l'occasion de collecter des échantillons en soutien à d'autres projets scientifiques (voir § 4.2.2).

Deux saisons d'échantillonnage ont été définies pour ce projet sur la base de la bibliographie existante sur la biologie de la reproduction de l'espadon dans l'océan Indien et la connaissance des pêcheurs de chaque zone échantillonnée. Cependant, il reste encore beaucoup de lacunes à ce stade que ce projet devrait contribuer à combler.

- (i) La période 1 qui s'étend d'avril à juin est supposée correspondre au pic de l'activité d'alimentation des espadons.
- (ii) La période 2 qui s'étend de octobre à décembre est supposée correspondre à une partie de la saison de reproduction.

L'objectif global d'échantillonnage pour chaque partenaire a été fixé à une centaine d'espadons par zone et par saison. Certains partenaires tels que la Délégation IFREMER Réunion et le CSIRO sont responsables de plusieurs zones.

Les activités d'échantillonnage ont démarré à la période 1 de 2009 pour la Délégation IFREMER Réunion, et à la période 2 pour les autres partenaires. Ce décalage entre les partenaires est essentiellement dû à la complexité logistique propre à chaque pays, à la distance, ainsi qu'aux besoins spécifiques de formation.

Pour chaque espadon, l'échantillonnage a été réalisé suivant l'ordre de priorité suivant : (1) mesure de l'espadon (2) prélèvement génétique, (3) prélèvement des gonades pour identification du sexe et du stade de maturité. En fonction de leur capacité logistique, certains partenaires ont aussi prélevés des échantillons d'isotopes en vue d'analyses isotopiques, d'otolithes et de gonades.

Le détail des protocoles standardisés et transmis aux partenaires sera fourni en 2011 lors de la rédaction du rapport final.

Parallèlement à ces actions, la Délégation IFREMER Réunion a échantillonné tout au long de l'année 2009 les tailles des espadons débarqués par la flottille réunionnaise (voir §4.3.2.d).

4.2. Bilan global de la saison d'échantillonnage 2009

4.2.1. Echantillonnage d'espadons

Le bilan de la saison d'échantillonnage 2009 est présenté dans le tableau 2. L'échantillonnage de l'AFRDEC et Apollo marine étant toujours en cours et les données transmises par Capfish et CSIRO étant partielles à ce stade, les informations de ce tableau sont provisoires.

| | | Types d'échantillons (nombre) | | | | | |
|----------------------------|-------|---|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Mesure des tailles (Lmf ² en cm) | Génétique | Gonades | Isotopes | Otolithes | Estomacs |
| Délégation IFREMER Réunion | Pro.* | 276 | 254 | 247 | 65 | 111 | 55 |
| | Sci.* | 299 | 296 | 299 | 267 | 213 | 214 |
| CAPFISH | | 124 | 124 | 115 | - | - | - |
| CSIRO | | 237 | 237 | 143 | - | - | - |
| MAYSHARK SL MAYOTTE | | 96 | 96 | 96 | - | - | - |
| SFA | | 116 | 94 | 51 | 59 | - | - |
| AFRDEC | | En cours | En cours | En cours | - | - | - |
| Apollo Marine | | En cours | En cours | En cours | En cours | En cours | - |
| Total | | 1148 | 1101 | 951 | 391 | 324 | 269 |

Tableau 2 : bilan par partenaire de l'échantillonnage 2009 du projet IOSSS-ESPADON (* Pro. = Campagnes Professionnels, * Sci. = Campagnes Scientifiques).

Les figures 4 et 5 ci-après présentent respectivement pour 2009 (1) le détail de l'échantillonnage génétique par partenaire, (2) la répartition par trimestre des prélèvements effectués.

La figure 6 présente les autres échantillons prélevés sur les espadons, à savoir des échantillons de tissu pour les analyses isotopiques, les otolithes et les estomacs.

L'échantillonnage 2009 en quelques lignes

Avec plus de **1100 échantillons génétiques prélevés en 2009** dans tout l'océan Indien, l'objectif de cette première année d'échantillonnage est **globalement atteint**. Cependant, **la saisonnalité n'a pu être entièrement respectée** par certains partenaires (figure 3). C'est notamment le cas des échantillons collectés par Capfish dans la ZEE sud africaine. Ce problème de synchronisation de l'échantillonnage est lié (1) à la **complexité** pour la Délégation IFREMER Réunion de gérer et **coordonner l'ensemble des partenaires internationaux**, (2) leur **besoins spécifiques de formation**, (3) à la difficulté qu'ont eu les partenaires **d'anticiper l'activité de la flottille** (saisons et zones de pêche) et enfin à des **aléas ponctuels** (ex : pirates somaliens pour le partenaire Seychellois).

² Lmf = Longueur maxillaire fourche

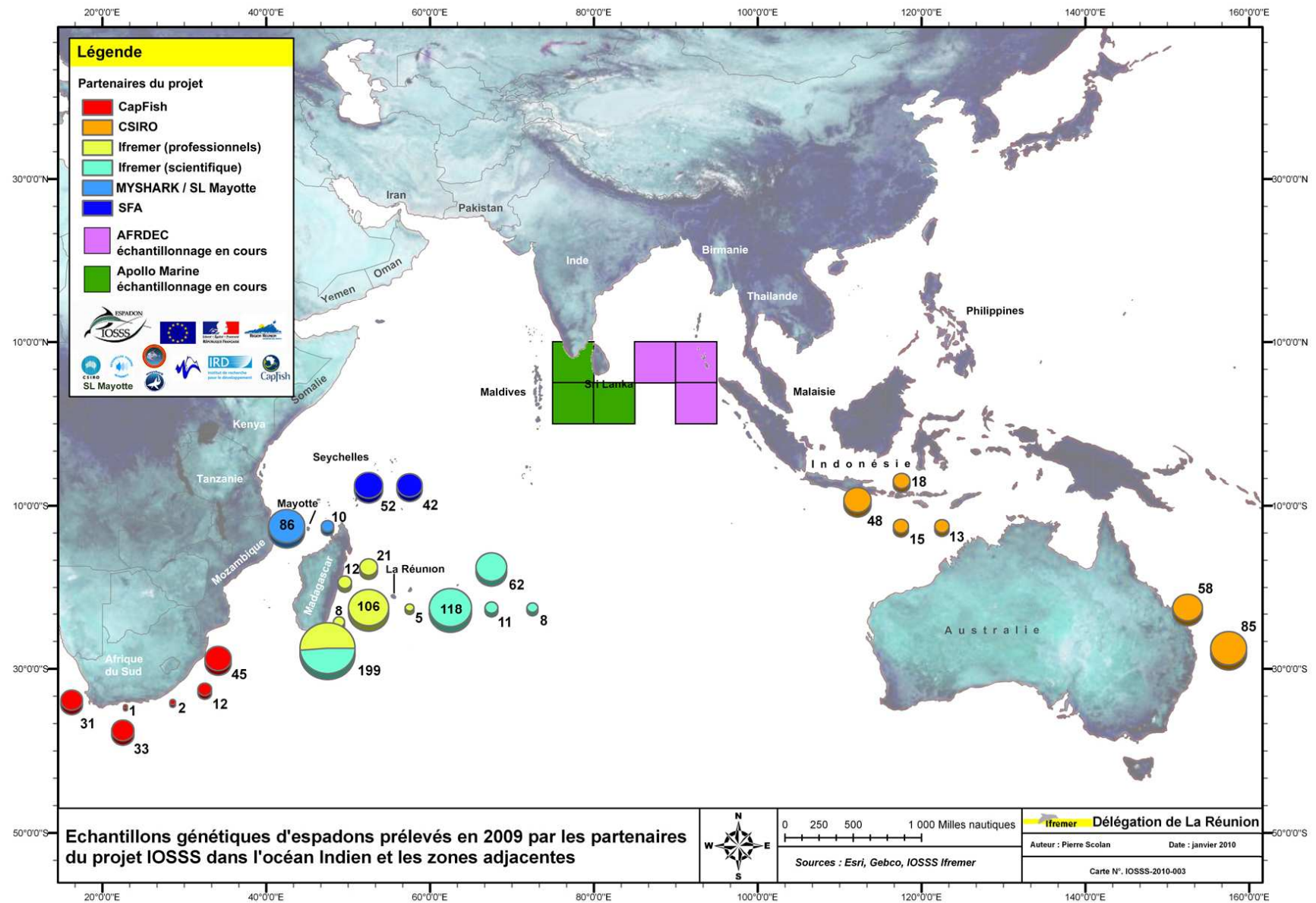


Figure 4

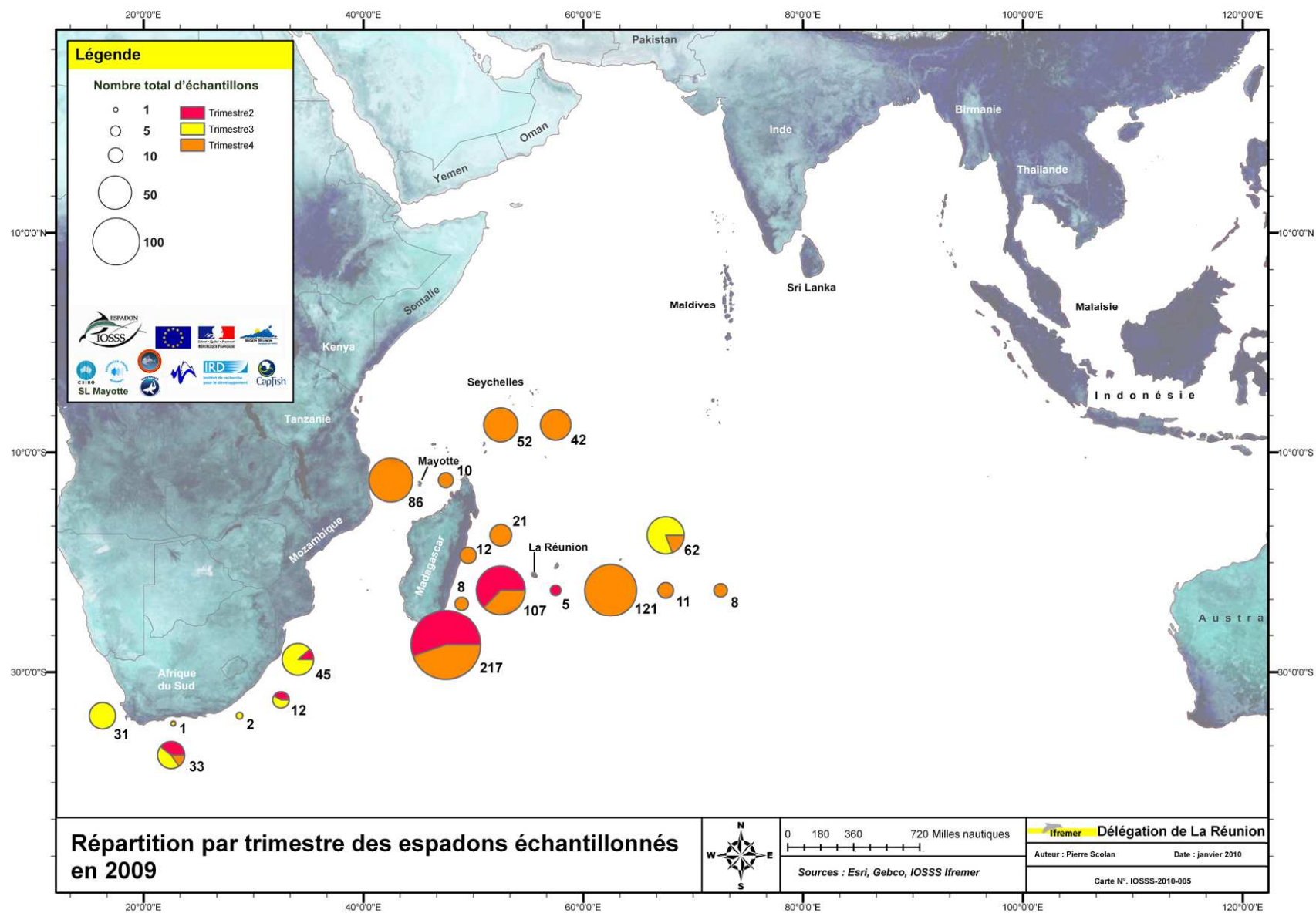


Figure 5 (NB : le détail de l'échantillonnage mené par le CSIRO ne nous ayant pas encore été transmis, les échantillons collectés par le CSIRO n'apparaissent pas sur cette carte)

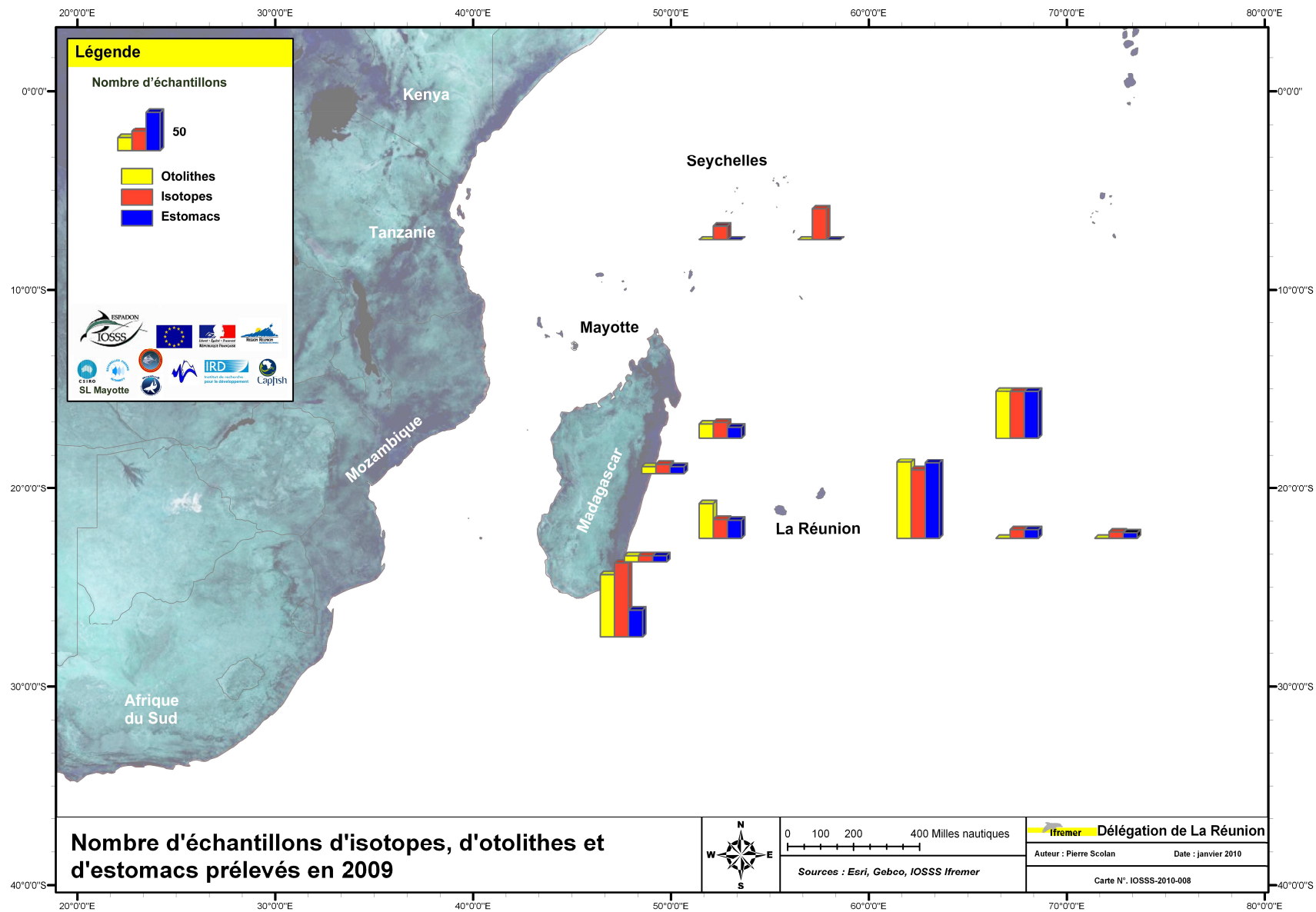


Figure 6

4.2.2. Echantillonnage d'autres espèces

Les campagnes professionnelles et scientifiques menées par la Délégation IFREMER Réunion ont également permis de collecter des échantillons de requins en soutien à 2 projets de recherche hors IFREMER :

- Dans le cadre d'un projet de recherche de l'association MAYSHARK (groupe de recherche sur les requins de l'océan Indien) des échantillons de tissu pour analyses génétiques ont été prélevés sur tous les requins rencontrés (quelque soit l'espèce).
- Dans le cadre d'une thèse de l'IRD sur l'ontogénie trophique des requins peau bleue (*Prionace glauca*) et des requins soyeux (*Carcharhinus falciformis*) dans l'océan Indien occidental, des échantillons de vertèbres ont été prélevés sur ces deux espèces.

Ces échantillons ont été transmis aux meneurs de projets.

| | Génétique | Vertèbres |
|--|-----------|-----------|
| Requin peau-bleue (<i>Prionace glauca</i>) | 22 | |
| Requin mako (<i>Isurus oxyrinchus</i>) | 14 | |
| Requin crocodile (<i>Pseudocarcharias kamoharai</i>) | 10 | |
| Requin océanique (<i>Carcharhinus longimanus</i>) | 8 | |
| Requin soyeux (<i>Carcharhinus falciformis</i>) | 1 | 8 |
| Requin renard (<i>Alopias</i> sp.) | 1 | |
| Total | 56 | 8 |

Tableau 3 : échantillons de requin prélevés au cours des campagnes professionnelles et scientifiques spécifiques 2009.

4.3. Détail des actions d'échantillonnage menées par la Délégation IFREMER Réunion

4.3.1. Campagnes professionnelles

Ces campagnes ont été réalisées à bord de palangriers professionnels réunionnais volontaires pour embarquer un observateur. L'objectif de ces campagnes a été de collecter des échantillons d'espadons dans les zones de pêche habituellement fréquentées par les palangriers aux périodes concernées (zone Réunion et zones est et sud Madagascar).

Six campagnes professionnelles ont été réalisées en 2009. Quatre campagnes ont eu lieu lors de la période 1 d'échantillonnage et deux campagnes lors de la seconde période. Ces campagnes ont permis d'échantillonner un total 257 espadons. Le bilan de ces campagnes est présenté dans le tableau ci-dessous. Les zones échantillonnées lors de ces campagnes sont présentées sur la figure 4.

| Nom du bateau | Période (2009) | Zone CTOI | Nombre filages | Nombres d'échantillons | | | | |
|---------------|-------------------|-----------|----------------|------------------------|-----------|------------|------------|-----------|
| | | | | Génétique | Isotope | Gonade | Otolithe | Estomac |
| Just Atao | Avril | 6220055 | 1 | 5 | | 5 | | |
| Brahma | Avril mai | 6225045 | 14 | 102 | | 100 | 30 | |
| Manohal | Mai | 6210045 | 1 | 3 | | | | |
| Laksmi | Mai juin | 6220050 | 6 | 66 | | 64 | 21 | |
| Laksmi | Octobre | 6215050 | 5 | 33 | 33 | 30 | 28 | 24 |
| Brahma | Novembre décembre | 6220050 | 10 | 48 | 32 | 45 | 32 | 31 |
| Total | | | 37 | 257 | 65 | 244 | 111 | 55 |

Tableau 4 : Caractéristiques des campagnes professionnelles et résultats d'échantillonnage.

4.3.2. Les campagnes scientifiques spécifiques

a) Le principe des campagnes scientifiques spécifiques

Les campagnes scientifiques spécifiques sont réalisées à bord de palangriers professionnels loués par la Délégation IFREMER Réunion pour l'échantillonnage d'espadons dans le cadre de IOSSS. **Ces campagnes permettent d'échantillonner des zones peu ou pas fréquentées par les palangriers réunionnais aux périodes choisies.**

En 2009, la Délégation IFREMER Réunion a organisé les deux premières campagnes scientifiques du projet IOSSS qui se sont déroulées lors de la 2^{ème} période d'échantillonnage. Suite à la diffusion du cahier des charges de ces campagnes à tous les armements palangriers de La Réunion, le BRAHMA de la société MARTIN PECHEUR (géré par l'armement ENEZ) a été retenu pour les deux campagnes. Un contrat établi entre l'armateur et la Délégation IFREMER Réunion a permis de valider les termes de cette collaboration et en particulier le principe de facturation des campagnes. Le cahier des charges ainsi que les 2 contrats établis avec la société MARTIN PECHEUR sont disponibles et consultables à la station IFREMER Réunion.

b) Bilan financier

Le principe de facturation des campagnes scientifiques a été le suivant : Un coût total de la location du navire (incluant notamment les opérations de pêche et la prise en charge du personnel de la Délégation IFREMER Réunion embarqué) est fixé par l'armement duquel a été déduit, en fin de marée, le prix de vente du poisson capturé et vendu.

c) Bilan scientifique

La première campagne scientifique s'est déroulée du 21 septembre au 20 octobre 2009. Cette campagne de 20 filages (voir figure 7) en mixte (congelé et frais) a ciblé en priorité à l'est de Rodrigues (Zones A et B, figure 7). L'objectif d'échantillonnage d'une centaine d'espadons sur cette zone ayant été atteint au bout de 10 filages, une seconde zone a pu être échantillonnée au cours de cette même marée. Cette zone est située au sud de Rodrigues (zone C, figure 7).

La seconde campagne scientifique s'est déroulée du 3 au 21 novembre 2009. Cette marée de 11 filages en frais (voir figure 7) a ciblé uniquement la zone sud de Madagascar (Zone D).

Les rapports de mission de ces deux campagnes scientifiques spécifiques (Le Couls, 2009b; Muths, 2009) ont été transmis pour information à l'ensemble de la profession. Ces documents sont disponibles et consultables à la station IFREMER Réunion.

De même, un bilan scientifique global des deux campagnes a été diffusé (Evano *et al.*, 2009), ce document est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion ou téléchargeable sur Internet (http://wwz.ifremer.fr/lareunion/les_projets/iosss_espadon).

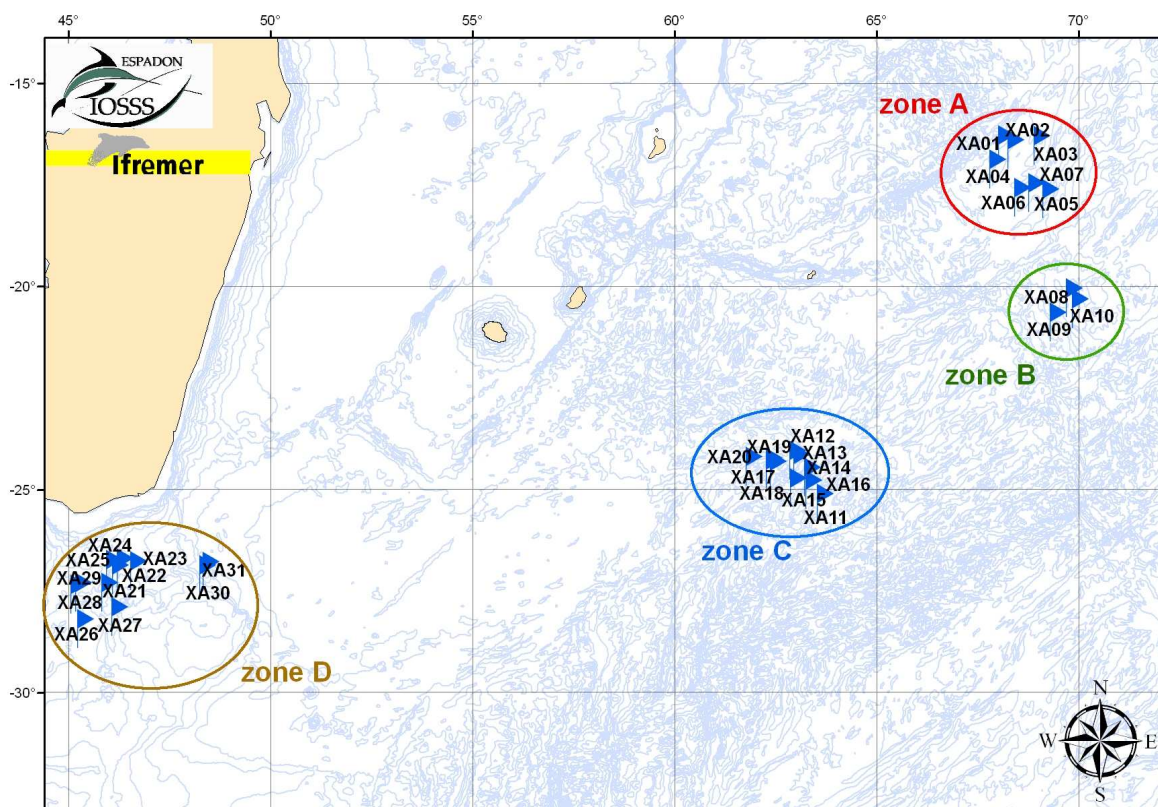


Figure 7 : localisation des filages des deux campagnes scientifiques spécifiques.

Le bilan de ces deux campagnes scientifiques spécifiques en terme d'échantillonnage est présenté dans le tableau ci-dessous.

| | | | | | Echantillons | | | | |
|------------------------|---------------|-------------------|-------------------------------|----------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| | Nom du bateau | Période (2009) | Zones CTOI | Nombre filages | Gén | Iso | Gon | Oto | Est |
| 1 ^{ère} marée | Brahma | Septembre octobre | 6215065 6220065 6220070 | 10 | 81 | 81 | 81 | 62 | 80 |
| | | | 6220060 | 10 | 118 | 89 | 121 | 100 | 99 |
| 2 nd marée | Brahma | novembre | 6225045 | 11 | 97 | 97 | 97 | 51 | 35 |
| Total | | | | 31 | 296 | 267 | 299 | 213 | 214 |

Tableau 6 : Caractéristiques des campagnes scientifiques et résultats d'échantillonnage.

d) Echantillonnage des tailles à l'usine

L'échantillonnage des tailles des espadons débarqués par la flottille réunionnaise est réalisé dans l'usine Réunionpêche qui transforme la majorité des grands pélagiques débarqués à La Réunion. La mesure des espadons se fait dans la chambre froide où ils sont conservés avant transformation. Les poissons étant stockés au format VDK³, c'est la longueur Cleithrum-Quille qui est mesurée (voir figure 8). En 2009, 1454 espadons issus de 20 débarquements différents ont été ainsi mesurés.

³ VDK = Vidé et décapité

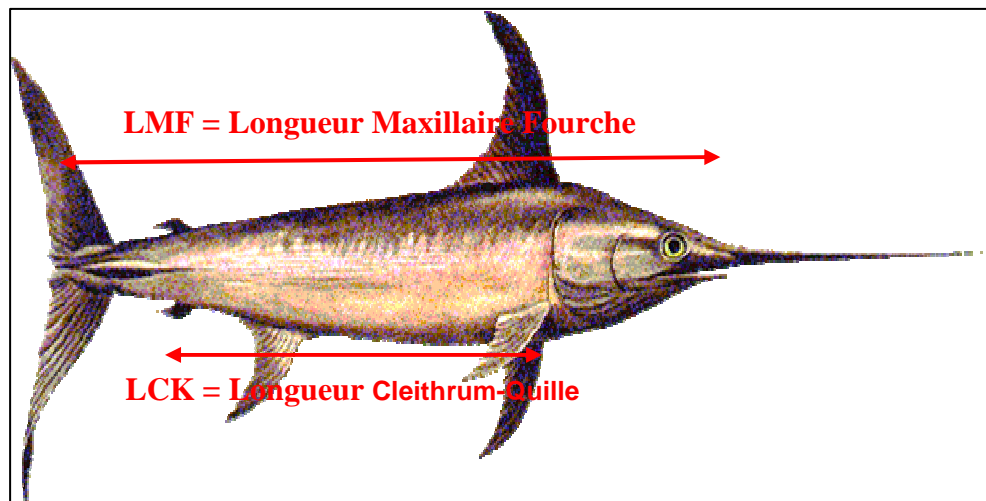


Figure 8 : mensurations d'un espadon

Bilan des échantillonnages menés par la Délégation IFREMER Réunion

Les différentes actions mises en place en 2009 ont permis de **mesurer plus de 2 000 espadons** capturés dans sud-ouest de l'océan Indien, et d'effectuer des **prélèvements génétiques sur plus de 500** d'entre eux. Cet échantillonnage a été réalisé dans le respect des objectifs initiaux de périodes et de zones d'échantillonnage et cela, grâce à la bonne complémentarité des campagnes professionnelles et scientifiques spécifiques.

La réalisation des premières campagnes scientifiques spécifiques a de plus été l'occasion de **valider le mode de financement de ces campagnes** qui permet de les ramener à un coût accessible.

5. Le stockage des données collectées

5.1. La base de données IOSSS

L'objectif de cette base de données est de pouvoir stocker les données du projet IOSSS – ESPADON issues (1) des campagnes professionnelles, (2) des campagnes scientifiques spécifiques, (3) des campagnes de nos partenaires et que ces données soient compatibles avec les bases de données nationales. Après de nombreux échanges entre les gestionnaires des bases HARMONIE et ALLEGRO, le SIH et l'équipe de IOSSS – ESPADON, nous avons mis en place une base de données ACCESS.

La base de données est organisée de la manière suivante (cf. figure 9) :

- **La table campagne** qui regroupe les données générales des campagnes (navire, agents embarqués, dates de la campagne, organisme responsable de l'échantillonnage...)
- **La table filage** qui regroupe les informations de chaque filage (date, position,...)
- **La table espadon** qui regroupe toutes les informations relatives aux espadons échantillonnés (taille, numéro des échantillons prélevés, sexe, stade de maturité...)
- **Les tables résultats** qui permettent de saisir pour chaque type d'échantillon d'espadon les traitements effectués et leurs résultats. 6 tables résultats ont été créées, une par type d'échantillons.
- **La table Espèces-autres** dans laquelle sont saisies les informations relatives aux autres échantillons collectés (principalement de requin) et destinées à d'autres projets de recherche.

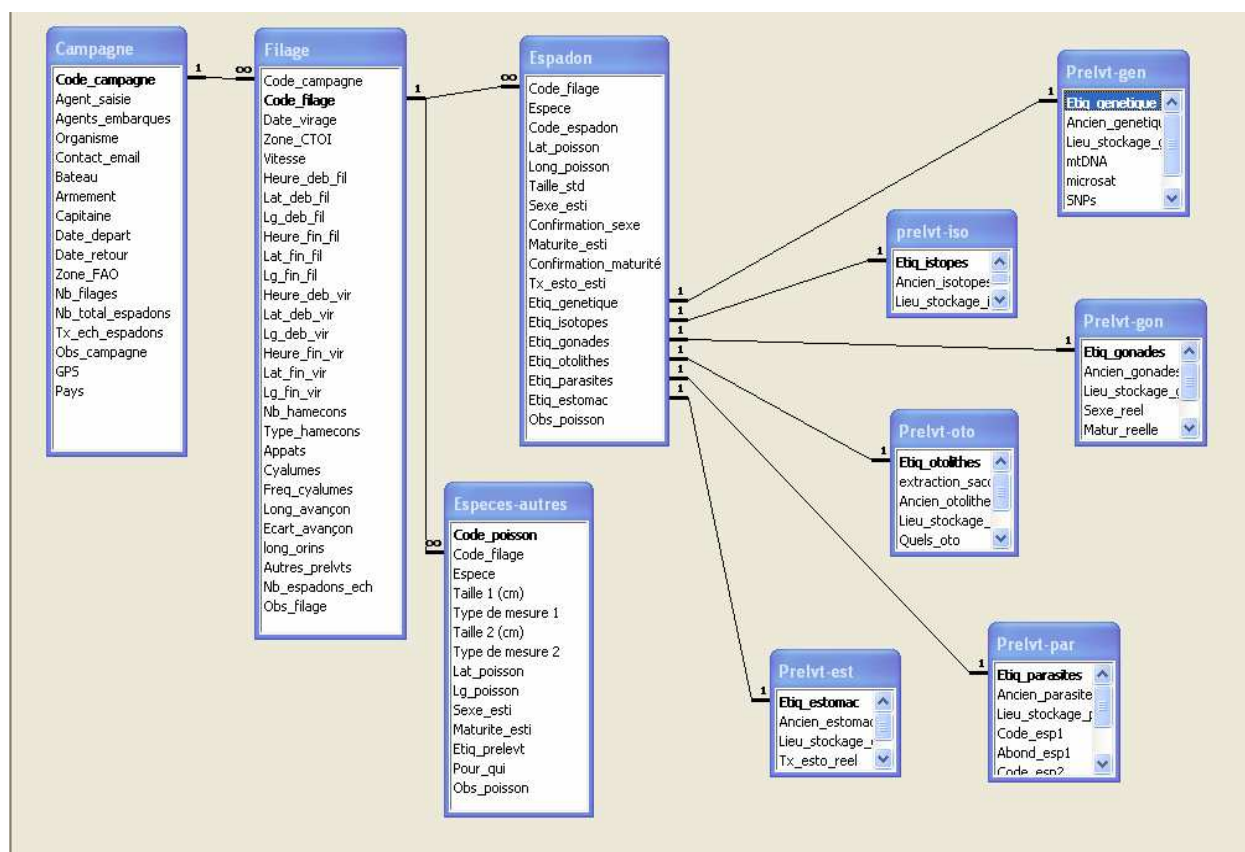


Figure 9 : Structure de la base de données IOSSS

La base de données est stockée sur un disque réseau commun de la station accessible uniquement aux membres du groupe de travail IOSSS. Ces membres sont identifiés par leur identifiant et leur mot de passe.

La base de donnée est sauvegardée quotidiennement sur bandes à la station, et de manière mensuelle au centre IFREMER de Brest sur les disques sécurisés du SISMER⁴. Ces données ont vocation à être transférées à termes vers les bases nationales Harmonies puis Quadrige², les bases de références du SINPmer

Parmi les membres du groupe de travail IOSSS, seul l'administrateur de la base de données peut (1) ajouter ou modifier des données, (2) modifier la structure de la base. Les autres utilisateurs ont uniquement la possibilité de consulter les données ou d'effectuer des extractions.

5.2. La validation des données

Afin de fiabiliser les données stockées, une procédure de validation des données saisies dans la base de données IOSSS - ESPADON a été créée. Cette procédure s'inscrit dans le cadre de la démarche qualité du laboratoire d'analyses génétiques. Elle permet de vérifier pour chaque campagne intégrée dans la base de données la cohérence et l'intégrité des données ajoutées. Ainsi, pour chaque campagne, une synthèse automatique des données est éditée. Cette synthèse est vérifiée et validée « à dire d'expert » par le responsable de la base de données (également Responsable Assurance Qualité de la station IFREMER Réunion) en association avec le responsable du projet IOSSS – ESPADON.

La procédure de validation des données est détaillée dans le document NS-AG05 référencé dans le système documentaire Qualité de la station IFREMER de la Réunion. Ce document est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion.

⁴ SISMER = Systèmes d'Information Scientifiques pour la MER

6. Le volet génétique

L'analyse de la structure génétique de l'espadon est un élément primordial du projet IOSSS – ESPADON car elle devrait permettre de déterminer si il existe un seul ou plusieurs stocks distincts à l'échelle de la zone d'étude. Pour ce faire, 2 marqueurs moléculaires différents ont été identifiés et seront utilisés pour ce projet:

- l'ADN mitochondrial, qui est un marqueur global de la structuration de la population de femelles,
- les microsatellites, qui représentent un marqueur plus fin de la structure de l'ensemble de la population échantillonnée.

La complémentarité des informations fournies par ces deux marqueurs devrait permettre de dessiner les limites spatiales des différents stocks avec une plus grande fiabilité.

6.1. Développement de la banque microsatellite

Au démarrage du projet, il existait 11 marqueurs microsatellites pour l'espèce *Xiphias gladius* (Reeb et al., 2003). Certains de ces marqueurs ont été jugés inadéquats pour les études en génétique des populations par les auteurs eux-mêmes, puis également lors des phases préliminaires au projet. **En outre**, l'utilisation de moins de 10 marqueurs microsatellites pose des problèmes en terme de robustesse des analyses statistiques réalisées par la suite. A ce titre, le développement d'une banque microsatellite a été contractualisé avec le CSIRO (contrat Ifremer N°09/1218125) : 18 nouveaux marqueurs ont été identifiés et les conditions d'amplification optimisées. Ce développement fait actuellement l'objet d'une note soumise à Molecular Ecology Ressources :

Bradman H, Muths D, Bourjea J, Grewe PM, Appleton B (submit) Characterisation of 18 polymorphic microsatellite loci in the broadbill swordfish, Xiphias gladius. Molecular Ecology Ressources.

Les amorces correspondantes aux marqueurs microsatellites développés ont été commandées et livrées en janvier 2010. En compilant ces nouvelles amorces et les anciennes, nous devrions disposer pour le **projet IOSSS – ESPADON d'un pool de 20 microsatellites pour les espadons de l'océan Indien et qui seront exploités sur l'ensemble des échantillons collectés durant le projet.**

6.2. Etat d'avancement des analyses génétiques

En 2009, l'ADN des échantillons de **672 espadons** collectés lors de campagnes d'échantillonnage menées par la Délégation IFREMER Réunion a été extrait. L'extraction de l'ADN des échantillons collectés par les partenaires en 2009 se déroulera au fur et à mesure de leur réception.

N'ayant reçu les amorces microsatellites qu'en 2010, le génotypage des individus n'a pu être initié en 2009. Ce dernier se fera en flux continu en 2010. Pour cela, nous utiliserons le séquenceur du CIRAD. L'objectif est d'avoir fini le génotypage des échantillons de 2009 avant la fin du 1^{er} semestre 2010.

Certaines discussions sont en cours avec le partenaire australien du CSIRO pour utiliser un autre marqueur mitochondrial situé en dehors de la région de contrôle jusque là utilisée dans les études génétiques sur l'espadon. En effet, cette région est très polymorphe (presque un haplotype par individu) et ne montre guère de structure entre les différents océans. Néanmoins, les différents tests réalisés jusqu'à présent sur d'autres fragments de gène ne semblent pas plus concluants.

Le choix du marqueur mitochondrial qui sera utilisé pour l'analyse de l'ensemble des échantillons du projet IOSSS – ESPADON sera fait en février 2010.

6.3. Mise en place d'une démarche qualité

Compte tenu de l'importance des résultats en terme de détermination de stock et l'impact des mesures des mesures de gestion associées, une démarche de mise sous Assurance Qualité du laboratoire d'analyses génétiques de la Délégation IFREMER Réunion a été initiée en 2009. Cette démarche a pour objectif de garantir la fiabilité et la traçabilité des analyses effectuées dans ce laboratoire. Dans ce cadre, un système documentaire Qualité a été mis en place et est consultable à la station. Il comprend

notamment le Manuel Qualité qui synthétise l'ensemble de la démarche et un plan qualité qui définit précisément les protocoles et modes opératoires à respecter, depuis la prise de l'échantillon jusqu'à la production du rapport final d'analyse.

L'année 2009 a été donc consacrée à la mise en place de système pour qu'il soit opérationnel lors de la phase d'analyse génétique en laboratoire de 2010.

Bilan du volet génétique

La **banque microsattellites est opérationnelle** et le génotypage des échantillons collectés durant la première année sera finalisé à la **fin du premier semestre 2010**. En parallèle, le choix du **marqueur mitochondrial** qui sera arrêté début 2010 devrait permettre de **séquencer l'ensemble de ces échantillons** pour la fin de ce premier semestre.

L'année 2009 a été consacrée à la mise sous assurance qualité du laboratoire de génétique. Cette démarche va permettre de fiabiliser et tracer les analyses génétiques qui seront menées au laboratoire de l'Ifremer de la Réunion, et permettre donc l'analyse en routine des échantillons en laboratoire qui démarrera en début 2010 et se déroulera tout au long de l'année 2010, puis en 2011

7. Le volet Biologique

7.1. Biométrie, sexe ratio et maturité sexuelle

Les résultats présentés dans ce chapitre sont provisoires. En effet, ils n'incluent pas :

- les échantillonnages menés par l'AFRDEC et APOLLO-MARINE qui sont toujours en cours.
- l'échantillonnage mené par le CSIRO pour lequel l'intégralité des données ne nous a pas encore été transmise.

L'objet de ce paragraphe est de présenter les **résultats biologiques** (taille, sexe ratio, stades de maturité) de l'échantillonnage 2009. A ce stade du projet, la répartition spatiale et temporelle des échantillons est insuffisante pour interpréter les résultats et établir des conclusions fiables sur la biologie de l'espadon.

7.1.1. Taille

Comme expliqué dans le chapitre 4, les données de tailles d'espadons collectées dans le cadre de IOSSS ont plusieurs origines. Dans ce paragraphe, nous distinguerons les données collectées lors des mensurations réalisées à l'usine par la Délégation IFREMER Réunion (voir § 4.3.d) des autres données (collectées par les partenaires ou lors des campagnes IFREMER d'échantillonnage). En 2009, 1454 espadons ont été mesurés à l'usine et 911 en mer, soit au total 2365 espadons mesurés en 2009.

Les figures ci-dessous présentent la distribution par classes de taille des espadons (figure 10) ainsi que les tailles moyennes par zones d'échantillonnage (figure 11). A noter que les données de la figure 11 n'incluent pas les données issues de l'échantillonnage réalisé à l'usine pour lesquelles nous ne disposons pas encore de l'origine géographique des individus (mise en sous-traitance par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture de la saisie des logbooks réunionnais) ainsi que les données du CSIRO, de l'AFRDEC et d'APOLLO-MARINE qui sont à ce jour encore en transit.

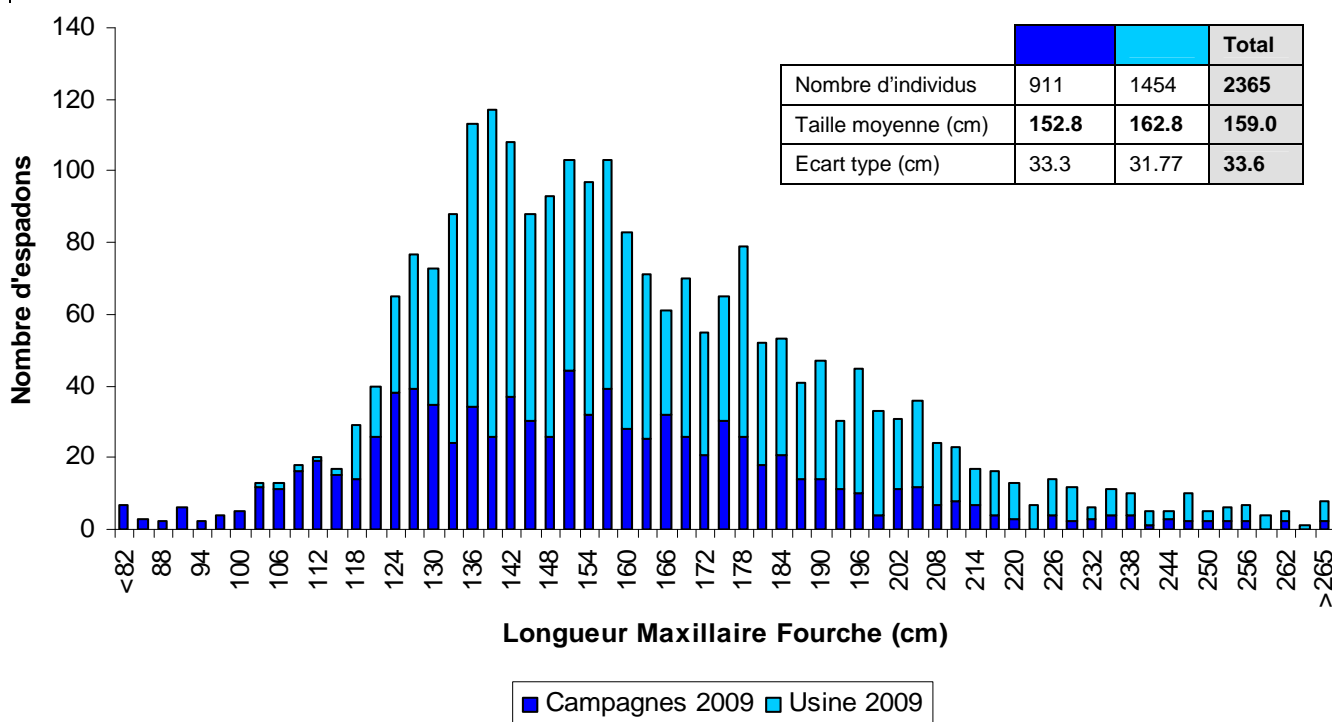


Figure 10 : distribution par classes de taille des espadons échantillonnés en 2009 en fonction du type d'échantillonnage.

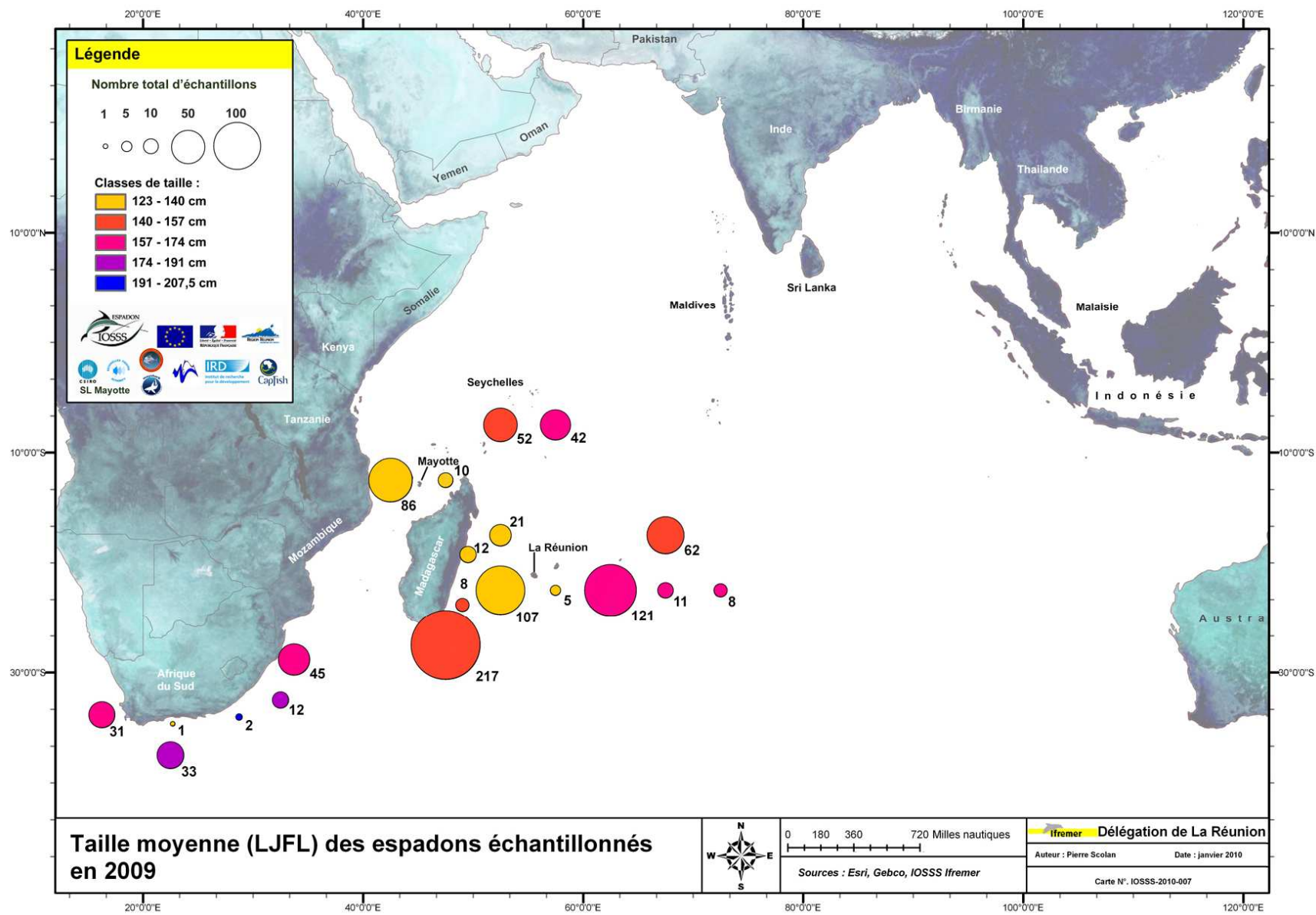


Figure 11

La figure 10 met en évidence l'absence d'espadons de petites tailles parmi les individus échantillonnés à l'usine par la Délégation IFREMER Réunion. Cela est lié au fait que seuls les poissons de tailles commercialisables sont conservés à l'usine (les poissons de petites tailles sont rejetés) alors que lors des campagnes d'échantillonnage embarquées tous les espadons capturés sont échantillonnés quelle que soit leur taille.

La figure 11, ne tenant compte ni des sexes des individus, ni de la période d'échantillonnage, doit être analysée avec précaution. Il semblerait toutefois que les plus grands individus soient localisés aux latitudes les plus basses (au sud de 30°S) alors que les plus petits sont localisés dans le nord du canal du Mozambique et autour de La Réunion. Au terme du projet IOSSS – ESPADON, nous devrions avoir un échantillonnage géoréférencé suffisamment conséquent pour réaliser des analyses spatiales de la structure en taille des espadons capturés dans l'océan Indien.

7.1.2. Sexe ratio

Au cours de l'échantillonnage 2009, le sexe de 794 espadons a été déterminé. Avec 535 femelles pour 259 mâles, **le sexe ratio global (nombre de femelles sur nombre de mâles) est de 2,06** soit un sexe ratio largement dominé par les femelles.

Les figures ci-dessous présentent respectivement le sexe ratio par zone d'échantillonnage (figure 12) et le sexe ratio par classes de taille (figure 13). D'après la figure 9, toutes les zones échantillonnées présentent un sexe ratio déséquilibré vers les femelles, à l'exception du nord du canal du Mozambique.

La taille moyenne des femelles est de 156.9 cm (écart type 33.2 cm), et **celle des mâles de 144.3 cm** (écart type 29.9 cm).

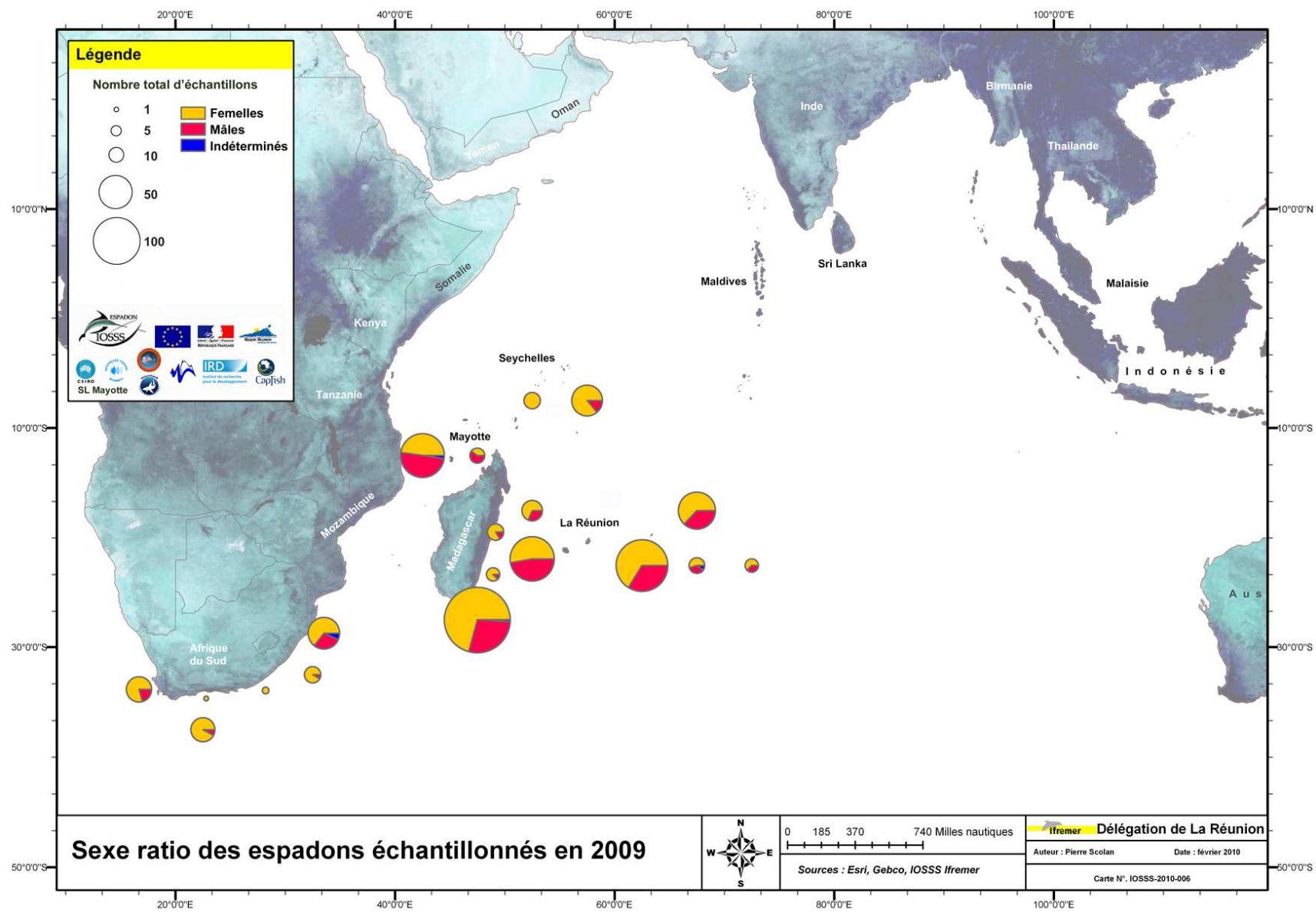


Figure 12

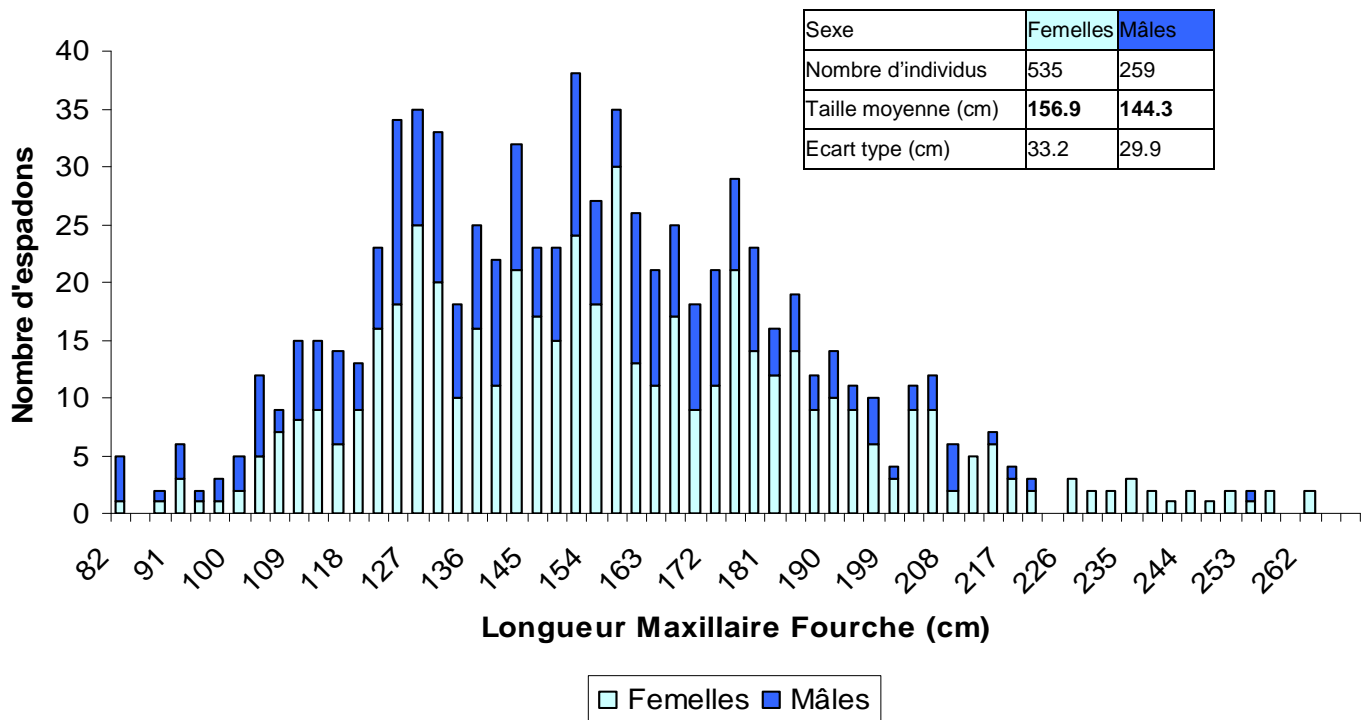


Figure 13 : Sexe ratio par classes de taille des espadons échantillonnés en 2009 lors des campagnes à la mer.

7.1.3. Stades de maturités

Le stade de maturité a été déterminé par observation macroscopique sur 745 espadons (dont 471 femelles et 274 mâles). Pour les mâles, l'échelle de maturité en 5 stades décrite par F. Poisson pour l'espadon a été utilisée (Poisson, Fauvel, 2009). Pour les femelles, une échelle de maturité en 8 stades a été utilisée. Cette échelle reprend l'échelle en 7 stades décrite par F. Poisson, à laquelle le stade n°7 (repos sexuel) décrit par Arocha a été ajouté (Arocha, 2002). Le document décrivant ces deux échelles de maturités est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion.

Les figures ci-dessous représentent les stades de maturité des femelles (figure 14) et des mâles (figure 15) par zone d'échantillonnage.

Les femelles en stade 4, 5 ou 6 et les mâles en stade 3 sont considérés comme sexuellement matures. Ces individus représentent 5,9% des femelles et 19,0% des mâles pour lesquels le stade de maturité a été déterminé.

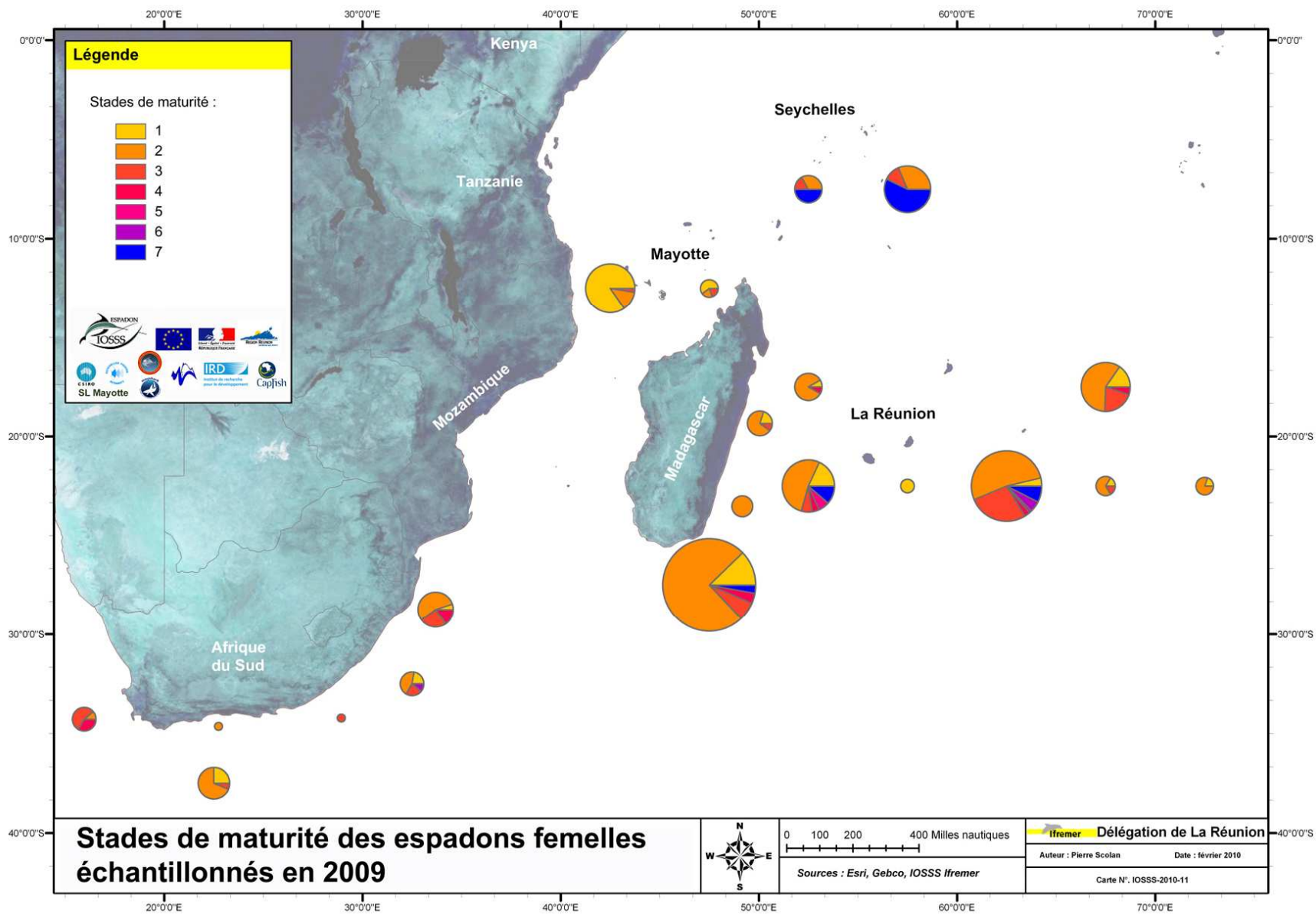


Figure 14

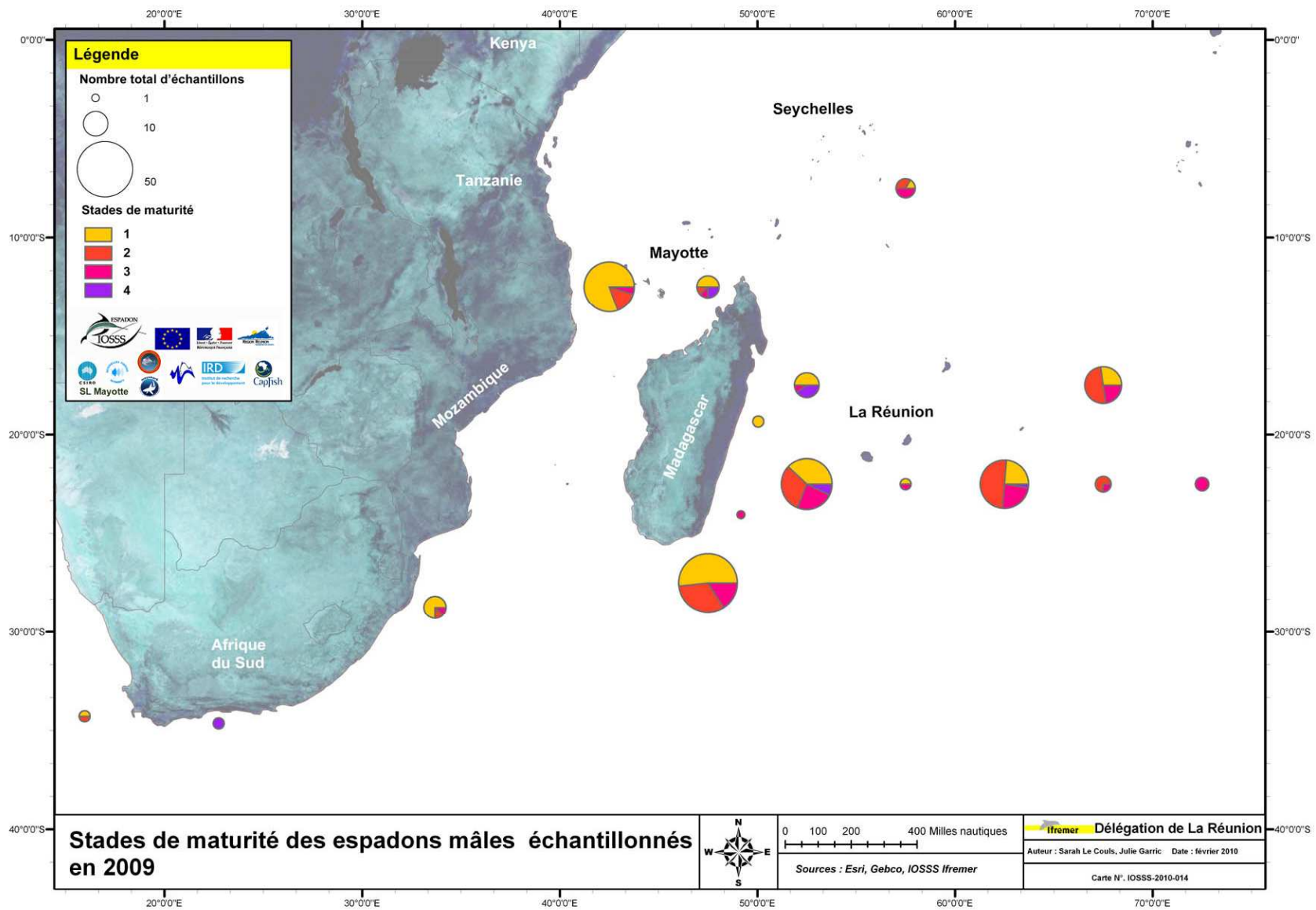


Figure 15

Bilan des échantillonnages biologiques

Avec 2365 espadons mesurés dont 790 sexés et 744 pour lesquels le stade de maturité a été déterminé, l'échantillonnage biologique dans le sud-ouest de l'océan Indien en 2009 atteint les objectifs fixés. La réception prochaine des données d'échantillonnage du CSIRO de l'AFRDEC et d'APPOLO-MARINE, complétera ces premiers résultats avec des données biologiques sur la partie est de l'océan Indien.

A noter qu'à ce stade, aucune conclusion fine ne peut être retenue des résultats de cet échantillonnage, la répartition spatiale et saisonnière ne le permettant pas.

Les résultats issus de l'échantillonnage biologique pourront être confirmés et statistiquement validés grâce aux données de l'échantillonnage 2010. Au terme du projet, la couverture spatiale et temporelle de la zone océan Indien devrait nous permettre d'apporter des éléments conséquents sur la biologie de la reproduction de cette espèce à l'échelle de l'océan Indien ; un focus particulier sera possible pour la partie sud ouest de l'océan Indien.

7.2. Les autres prélèvements

Outre les prélèvements génétiques et biologiques précités, 2009 a permis de collecter d'autres types d'échantillons dont les analyses permettront d'accroître les connaissances sur la structure du stock : des otolithes, des échantillons de tissus pour les analyses isotopiques, des contenus stomacaux et des parasites externes. La figure 6 présente le bilan de la collecte de ses échantillons.

7.2.1. Volet Otolithes (*Porteur potentiel scientifique : CSIRO*)

L'implication de IOSSS-ESPADON dans ce volet est double : (1) collecter des otolithes en utilisant le plan d'échantillonnage mis en place, et (2) trouver un porteur de projet pour les analyses correspondantes, mais qui ne font pas partie de la part Française du projet.

L'objectif est que le porteur du projet exploite les otolithes dans un cadre de structuration du stock, en caractérisant les différentes populations d'espadon sur la base de la forme de leurs otolithes et en déterminant les différents habitats de l'espadon par l'étude de leur signature chimique.

Au jour d'aujourd'hui, le CSIRO (Australie), déjà partenaire de IOSSS-ESPADON, se positionne pour porter ce sous-projet et a déjà acquis un financement pour continuer l'échantillonnage, stocker les échantillons et initier les premières études de mise au point des protocoles. De plus, une demande de fonds par le CSIRO est en cours pour la réalisation de l'ensemble des analyses des échantillons collectés par les australiens et le projet IOSSS-ESPADON.

Afin d'homogénéiser la collecte de données et optimiser la qualité des otolithes prélevés, la Délégation IFREMER Réunion et le CSIRO ont mis en place un protocole d'extraction et de stockage commun des otolithes. Ce document est disponible et consultable à la station IFREMER Réunion (Evano, 2009b).

7.2.2. Volet dynamique trophique: (*Porteur scientifique : IRD*)

L'implication de IOSSS-ESPADON dans ce volet est double : contribuer à la collecte d'estomacs et d'échantillons de tissus pour analyses isotopiques en utilisant le plan d'échantillonnage mis en place, et contribuer à l'analyse des échantillons collectés. En effet, le pool d'échantillons qui serviront à l'interprétation des résultats proviendra de différents projets portés par la Délégation IFREMER Réunion ou l'IRD.

Le projet IOSSS-ESPADON s'est engagé à réaliser les analyses des échantillons collectés durant ses campagnes d'échantillonnage. Les figures 16 et 17 présentent respectivement le bilan de la collecte d'échantillons d'estomacs et d'échantillons pour analyses isotopiques réalisées dans le cadre du projet IOSSS-ESPADON, ainsi que lors d'autres projets menés par l'IRD.

Ce volet permettra (i) d'analyser le comportement alimentaire des espadons et les variabilités des régimes alimentaires en fonction des écosystèmes, (ii) d'évaluer le niveau trophique de l'espadon et ses variations spatiales en fonction de l'écosystème dans lequel il a été prélevé et (iii) de comparer son régime trophique à celui des autres prédateurs présents dans l'écosystème hauturier, requins et thonidés notamment

Les analyses des contenus stomacaux et des ratios isotopiques débuteront en 2010.

7.2.3. Volet Parasites :

L'implication de IOSSS – ESPADON dans ce volet est double : collecter les parasites externes présents sur les espadons échantillonnés et trouver un porteur de projet pour les analyses. Ces analyses ne font pas partie du projet IOSSS – ESPADON tel que défini actuellement.

L'objectif de cette action est d'analyser la structure génétique des copépodes parasites de l'espadon. Cette comparaison des profils génétiques des parasites peut en effet renseigner parfois aussi efficacement que la comparaison des profils génétiques des espadons eux-mêmes. Sur la base de différentes classes d'âge d'espadon échantillonnés, il pourrait être possible d'interpréter les migrations effectuées par les espadons dans l'océan Indien, entre cet océan et les océans Atlantique et Pacifique, voir même entre région chaude (zone de reproduction = Equateur) et région froide (zone de nourrissage = sud).

Très peu de parasites copépodes ont été observés sur des espadons lors des campagnes 2009 du projet IOSSS – ESPADON. De plus, à ce stade du projet, aucun partenariat concret n'a été mis en place avec d'autres équipes de recherche afin de mener à bien ce volet.

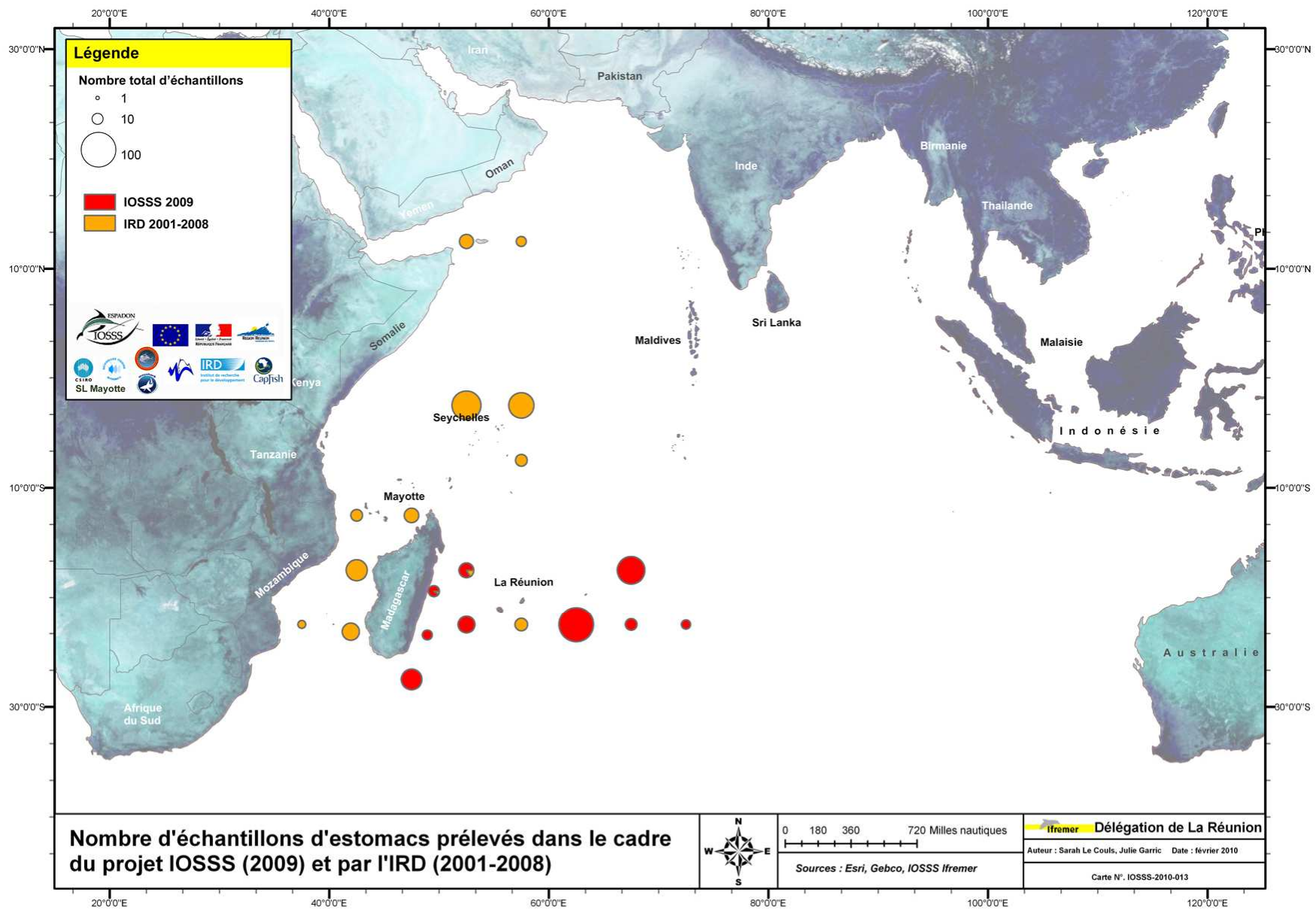


Figure 16

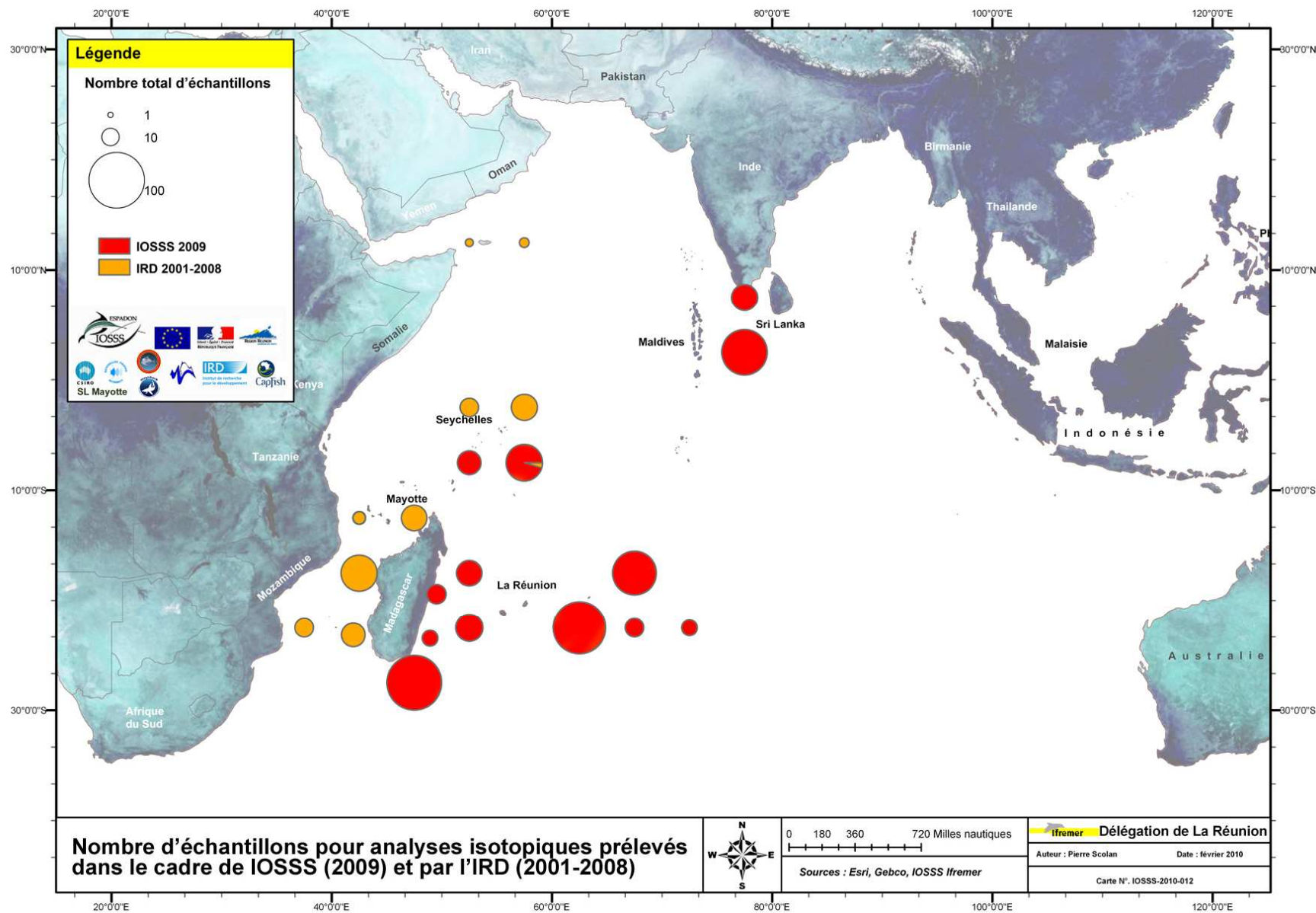


Figure 17

8. Objectifs 2010

8.1. Echantillonnage / planning prévisionnel

L'objectif en terme d'échantillonnage pour l'année 2010 est de couvrir les deux périodes de l'année définies dans le plan d'échantillonnage du projet et sur l'ensemble des zones couvertes par les partenaires du projet IOSSS-ESPADON : une première période s'étalant d'avril à juin et une seconde d'octobre à décembre. Pour chacune de ces périodes, l'objectif est d'échantillonner :

- (i) un minimum de 100 espadons par zone pour la génétique (figure 19),
- (ii) les données individuelles associées (taille, sexe, stade de maturité) dans la mesure du possible,
- (iii) pour les zones non couvertes en 2010, 30 à 50 otolithes ainsi qu'une centaine d'estomacs et d'échantillons pour analyses isotopiques.
- (iv) Le nord ouest de l'océan Indien pour la génétique, une zone actuellement non couverte par le plan d'échantillonnage et primordiale en terme de structuration du stock.

Les méthodes d'échantillonnage retenues sont celles mises en oeuvre en 2009, avec 3 principales méthodes de collecte : au débarquement, lors de campagnes à bord de navires professionnels et lors des campagnes scientifiques spécifiques sur des zones cibles. La figure 18 résume le planning de l'échantillonnage 2010, les phases d'analyses en laboratoire et les missions prévues.

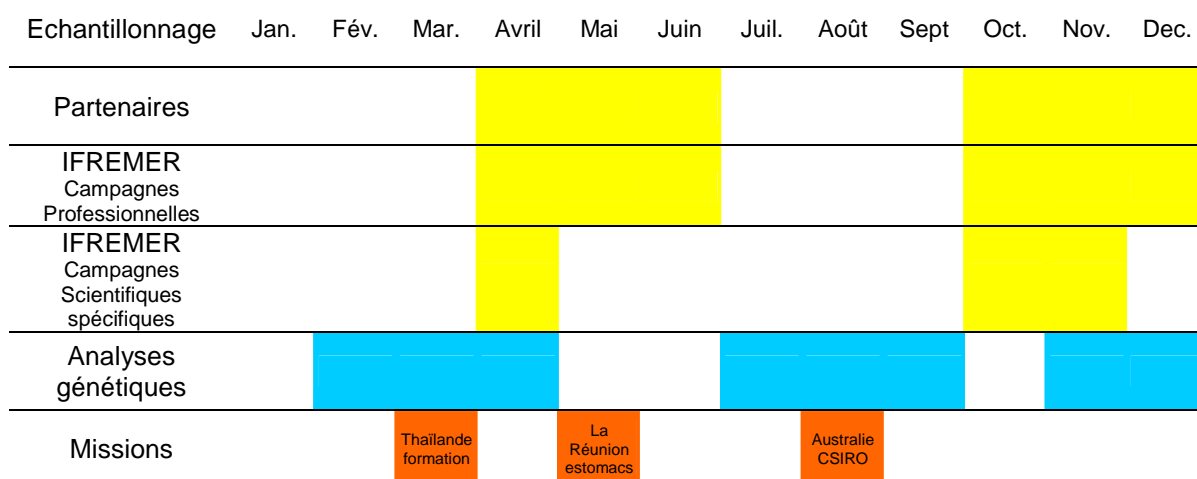


Figure 18 : planning prévisionnel des actions 2010

Une stratégie pour assurer une collecte globale homogène et fiable en 2010 doit cependant être mise en place pour optimiser les résultats de l'échantillonnage. Un gros travail avec les partenaires a déjà été réalisé en 2009 pour la réalisation de la première année d'échantillonnage. Sur la base de cette première expérience et des premiers retours des partenaires, une amélioration du système de collecte est possible. Afin d'optimiser ce système, assurer une collecte d'échantillons standardisée et sécurisée à l'échelle du bassin Indien, et optimiser les analyses statistiques à venir, 4 principales actions seront mises en place pour les points critiques identifiés en 2009 :

- 1- SEYCHELLES : afin d'optimiser les chances d'obtenir une répartition spatiale et temporelle de cette collecte d'échantillons, une vigilance particulière sera mise en place pour le cas des Seychelles avec une possible nouvelle adaptation du protocole d'échantillonnage. En effet, l'échantillonnage est étroitement lié à l'activité des pirates Somaliens dans la zone.
- 2- THAÏLANDE : du fait de l'absence d'échantillonnage de 2009, une formation spécifique sera donnée à notre partenaire AFRDEC. L'objectif de cette formation sera (i) de présenter la stratégie d'échantillonnage pour la zone de la mer d'Adaman, (ii) de dispenser une formation à la collecte d'échantillons pour assurer une standardisation des protocoles et (iii) de collecter des échantillons

spécifiques (extraction des premiers otolithes, collecte d'échantillons de tissus pour les analyses isotopiques).

- 3- **NORD-OUEST OCEAN INDIEN** : Afin d'assurer une couverture globale de l'océan Indien et ainsi optimiser la vision de la structure du stock d'espadon à l'échelle de ce bassin océanique, il est indispensable de récupérer des échantillons de la zone Nord ouest de cet océan. Des contacts sont en cours avec des équipes de chercheurs/armateurs au Pakistan et à Oman.
- 4- **MENSURATION** : Enfin, il a été décidé de mesurer 2000 espadons en usines en 2010, soit une augmentation de 33% du nombre d'individus échantillonnés par rapport à 2009. Cette augmentation devrait favoriser et faciliter au final les analyses de la structuration spatio-temporelle des tailles de captures des espadons exploités dans le sud-ouest de l'océan Indien.

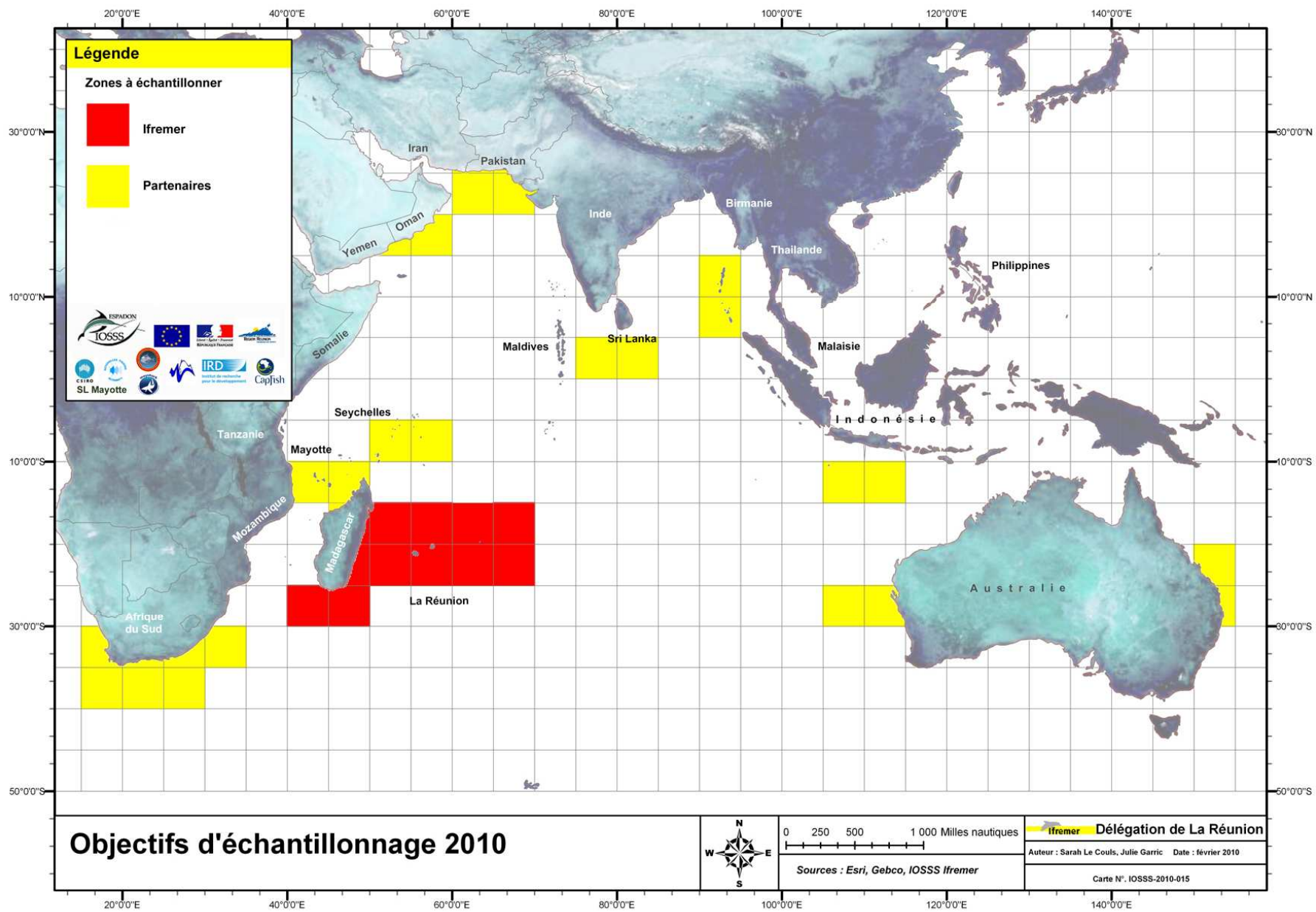


Figure 19

8.2. Analyses des échantillons et traitement des résultats

La biologie

Au terme de l'année 2010, il devrait être possible de faire une première analyse spatio-temporelle des structures en taille, du sexe ratio et des stades de maturité des espadons échantillonnés. Cette analyse restera cependant préliminaire car il est probable qu'à la fin de l'année 2010, un certain nombre d'échantillons de la 2^{nde} période (octobre – décembre 2010) ne sera pas encore disponible. Enfin une revue bibliographique sur la biologie de l'espadon sera réalisée pour optimiser l'interprétation finale des résultats en 2011.

La génétique

L'objectif pour 2010 est de réaliser les analyses génétiques en laboratoire de l'ensemble des échantillons collectés en 2009 ainsi que de ceux collectés durant la première saison d'échantillonnage de l'année 2010 (avril – juin). Une première analyse des résultats de l'année 1 sera également réalisée afin de préparer la phase d'analyse finale des résultats en 2011.

La dynamique trophique

Les estomacs collectés durant l'année 2009 seront analysés en mai 2010 par notre partenaire l'IRD. Les premières analyses isotopiques sur les échantillons collectés en 2009 seront effectuées à partir de septembre 2010.

Les autres approches scientifiques

L'objectif principal pour l'année 2010 est de concrétiser le partenariat avec le CSIRO pour l'analyse chimique des otolithes. La recherche d'un partenariat pour le volet parasite se poursuivra.

Objectifs IOSSS – ESPADON pour l'année 2010

1. Synthétiser les connaissances actuelles sur la biologie de l'espadon
2. Assurer la deuxième année de l'échantillonnage des espadons dans l'océan Indien
3. Améliorer et suivre la qualité des données collectées par les partenaires
4. Concrétiser un partenariat avec des pays au nord-ouest de l'Océan Indien
5. Réaliser l'ensemble des analyses génétiques, isotopiques et biologiques sur les échantillons collectés en 2009.
6. Réaliser une première analyse comparative des résultats acquis en 2009

Bibliographie

(les documents en gras ont été produits dans le cadre du projet IOSSS-ESPADON)

- Arocha F (2002) Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. *J. Fish Biol.* **60**, 13-27.
- Bonzon A, Cochrane K (1997) Aménagement des pêcheries. *FAO Directives techniques pour une pêche responsable* **4**, 91.
- Bourjea J (2009) Compte-rendu de la mission aux Seychelles du 7 au 17 mars 2009 dans le cadre du projet IOSSS-ESPADON, p. 1. Ifremer, La Réunion.**
- Bourjea J, Evano H, Le Ru L (2009) Up-date of the La Réunion longline and coastal fisheries data with special focus on billfishes. *IOTC* **2009**, 10.
- Bradman HM, Muths D, Bourjea J, Grewe PM, Appleton B (submit) Characterisation of 18 polymorphic microsatellite loci in the broadbill swordfish, *Xiphias gladius*. *Molecular Ecology Ressources*.**
- Cochrane K, Kevern L (2005) Guide du gestionnaire des pêcheries, les mesures d'aménagement et leur application. *FAO documents techniques sur les pêches* **424**, 244.
- Evano H (2009a) Compte-rendu de la mission au Sri Lanka du 14 au 20 septembre 2009 dans le cadre du projet IOSSS-ESPADON, p. 5. Ifremer, La Réunion.**
- Evano H (2009b) Protocole d'extraction des otolithes pour analyse micro-chimique, p. 5. Ifremer, La Réunion.**
- Evano H, Le Couls S, Collet A, Bourjea J (2009) Compte-rendu de la première saison de campagnes scientifiques du projet IOSSS-ESPADON (septembre à novembre 2009), p. 9. Ifremer, La Réunion.**
- Hinton M, Maunder M (2006) Status of the swordfish stock in the southeastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop Tuna Comm. Stock Assess. Rep* **7**, 249-282.
- IATTC (2009) The fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean in 2008, p. 106. IATTC (Inter-American Tropical Tuna Commission), 80th meeting, USA, La Jolla (California), 8-12 June 2009.
- ICCAT (2006-2009) *Manuel de l'ICCAT* Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (en ligne)
- ICCAT (2008) 2007 Mediterranean swordfish stock assessment session (Madrid, Spain - September 3 to 7, 2007). *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* **62**, 951-1038.
- ICCAT (2009a) *Bulletin statistique ICCAT (1950-2007)* ICCAT (Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique).
- ICCAT (2009b) Report of the 2009 Atlantic swordfish stock assessment session, p. 15. ICCAT (Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique), Madrid, September 7 to 11, 2009.
- IOTC (2009a) Rapport de la septième session du groupe de travail sur les poissons porte-épée, p. 52. IOTC (Indian Ocean Tuna Commission), Victoria, Seychelles, 6-10 juillet 2009.
- IOTC (2009b) Report of the Twelfth Session of the Scientific Committee. *IOTC* **2009**, 190.
- ISC (2009a) Report of the Billfish working group workshop, p. 74. ISC (International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean), Korea, Busan, 19-26 May 2009.
- ISC (2009b) Report of the ninth meeting of the ISC plenary session, p. 63. ISC (International scientific committee for tuna and tuna-like species in the north Pacific ocean), Taiwan, Kaohsiung, 15-20 July 2009.
- Kolody D, Campbell R, Davies N (2009) Final project report on south-west Pacific swordfish (*Xiphias gladius*) stock assessment 1952-2007, p. 15. WCPFC (West Central Pacific Fisheries Commission), Vanuatu, Port Vila, 10-21 August 2009.

-
- Le Couls S (2009a) Compte-rendu de la mission aux Seychelles du 17 au 24 novembre 2009 dans le cadre du projet IOSSS-ESPADON, p. 4. Ifremer, La Réunion.**
- Le Couls S (2009b) Rapport de mission : campagne scientifique XA1 du projet IOSSS-ESPADON, p. 1. Ifremer, La Réunion.**
- Le Couls S, Bourjea J (2010) Bilan de l'état des stocks et des mesures de gestion de l'espadon *Xiphias gladius* dans les océans Atlantique, Pacifique et Indien, p. 34. Ifremer, RST. Délégation Réunion/2010-03.**
- Muths D (2009) Rapport de mission : campagne scientifique XA2 du projet IOSSS-ESPADON, p. 1. Ifremer, La Réunion.**
- Poisson F, Fauvel C (2009) Reproductive dynamics of swordfish (*Xiphias gladius*) in the southwestern Indian Ocean (Reunion Island). Part 1: oocyte development, sexual maturity and spawning. *Aquat. Living Resour.* **22**, 45-58.
- Reeb CA, Arcangeli L, Block BA (2003) Development of 11 microsatellite loci for population studies in the swordfish, *Xiphias gladius* (Teleostei: Scombridae). *Mol. Ecol. Notes* **3**, 147-169.